

Faculté des Sciences Appliquées
Département Montefiore
Unité d'Électronique, Microsystèmes, Mesures et Instrumentations
B. Vanderheyden, professeur.
S. De Grève. E. Michel

février 2010

ELEN-0075-1
Électronique analogique
Notes de laboratoire

Ulg – Département Montefiore, Sart-Tilman, Bât.28, Parking B32,
B-4000 Liège (Belgium). Fax : +32 4 366 29 50,
e-mails : B.Vanderheyden@ulg.ac.be ; e.michel@montefiore.ulg.ac.be
tél : B. Vanderheyden : +32 4 366 26 13 ; E. Michel: +32 4 366 90 20
http://www.montefiore.ulg.ac.be/~vdh/

Attention

Il vous est demandé de vérifier, dès qu'il sera communiqué, si votre horaire de passage vous convient et d'éventuellement proposer des permutations en cas de conflit horaire et ce, au plus tard une semaine avant la date prévue pour votre labo.

Il ne faut pas arriver à vos séances de laboratoire sans préparation. Un laboratoire doit être préparé pour être pleinement bénéfique. Vous trouverez la matière à revoir pour chaque labo au début des notes le concernant.

Il est obligatoire de

- lire préalablement les notes relatives au laboratoire que vous devez présenter.
- réfléchir à l'avance aux questions ne demandant pas de manipulations.

Veuillez remettre un rapport de laboratoire pour chaque groupe à la fin de la séance. Ce rapport sera évalué et vous sera rendu peu avant la fin du quadrimestre.

Notes préparatoires

Règles et informations essentielles

- Les points attribués pour les laboratoires comptent à concurrence de 10% de la cote finale. Les points sont individuels et donc sont influencés par la participation.
- **Un laboratoire facultatif (labo 0) de 2H est proposé** à tous les étudiants suivants le cours **avant le congé de Pâques**. La participation y est vivement conseillée mais est laissée à votre appréciation. Aucun rapport ne sera ramassé ou évalué pour ce laboratoire. Vous pourrez vérifier vos conclusions auprès d'un étudiant moniteur présent lors de ces séances.
- **Trois laboratoires obligatoires (labos 1 à 3) de 4H sont organisés** pour tous les étudiants suivant le cours **après le congé de Pâques**. Un rapport sera remis par chaque groupe à la fin de la séance à l'étudiant moniteur présent. Ce rapport sera évalué sur base de la qualité des réponses et interprétations.
- Toute absence à l'heure et à la date prévue par l'horaire devra être justifiée par un certificat médical. Toute autre situation devra être exposée directement à M. Vanderheyden. Ce sera à vous de trouver une date pour représenter votre laboratoire. Toute absence non justifiée sera sanctionnée par un zéro à la cote du labo.

Présentation des locaux et du matériel

1. Les laboratoires R100 et S125

Le R100



Le S125 (local TFE)



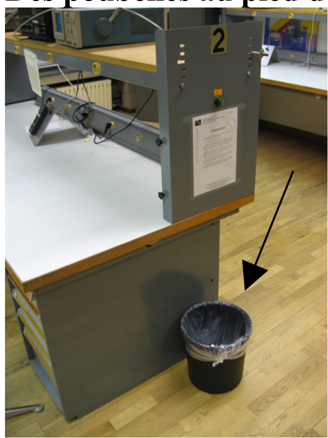
Le **R100** se trouve à l'institut Montefiore (B28, P32) au rez-de-chaussée. L'accès se fait par le couloir reliant le hall d'entrée de l'institut et la passerelle menant à l'institut de mathématique. Le local se trouve entre le R75 et la passerelle. 6 tables de laboratoire y sont disponibles ainsi que 5 ordinateurs.

Le **S125**, aussi connu sous le nom « local TFE », se trouve au sous-sol de l'institut Montefiore (B28, P32). L'accès se fait par le couloir reliant l'AEES à la sortie « sous-sol » donnant vers le B52. Le local se trouve à droite peu avant cette sortie. 4 tables de laboratoire y sont disponibles ainsi que 3 ordinateurs.

Comme signalé dans le règlement d'ordre intérieur de ces locaux, la propreté, la tenue et le respect du matériel mis à votre disposition sont essentiels.

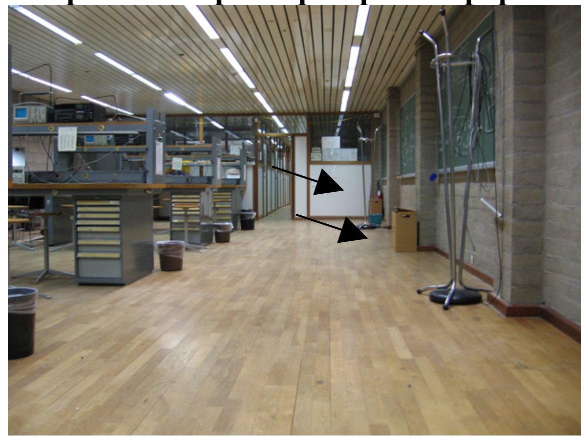
Pour ce faire, des poubelles sont mises à votre disposition au pied de chaque table. Des poubelles spéciales « papiers » sont aussi présentes dans les deux locaux. Vous êtes donc invité à les utiliser. N'oubliez pas faire tomber dans ces poubelles tous vos petits déchets par exemple en balayant votre table à l'aide de votre main et d'une feuille de papier.

Des poubelles au pied de chaque table





Des poubelles spécifiques pour le papier



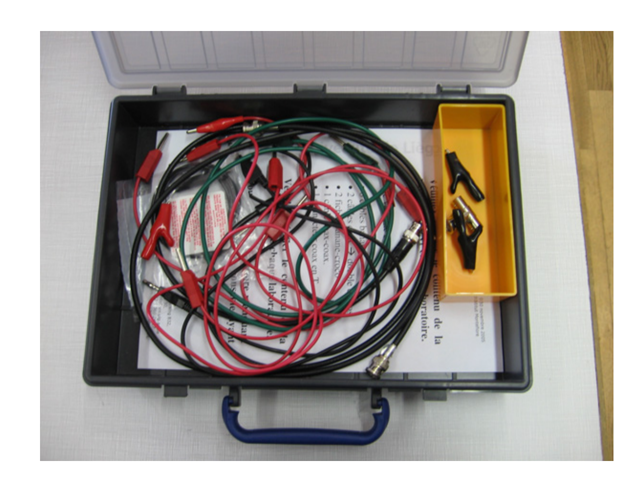


2. Le matériel à votre disposition

2.1. Petit matériel

Valisette contenant les câbles de connexion.
Les valisettes s'ouvrent en glissant les curseurs vers l'extérieur. Vérifiez que le contenu de votre valisette correspond à la liste se trouvant dans la valisette et avertissez l'étudiant moniteur si la valisette est incomplète.

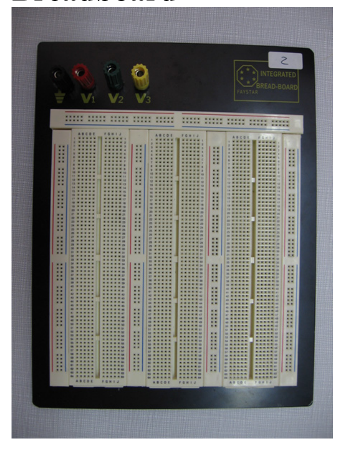




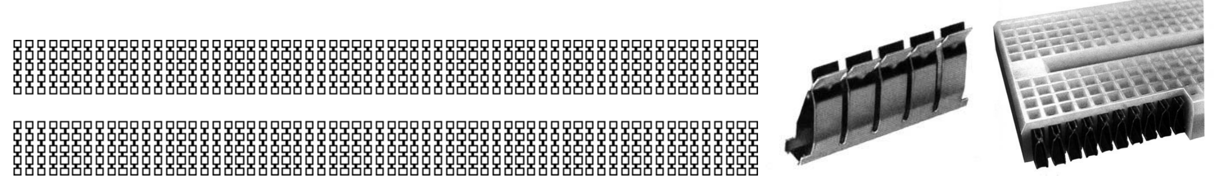
Câble crocos, bananes 2mm pour EB2000 et fils de connexions pour breadboard.



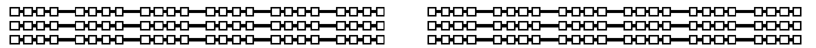
Breadboard



Selon les tailles et les différents modèles de breadboard, vous disposez soit de supports de connexion soit de bus de connexion. Le support de connexion est utilisé pour connecter des composants entre-eux. Vous aurez généralement de séries de deux lignes de 5 contacts interconnectés positionnés les uns au-dessus des autres comme représenté ci-dessous.



Les bus de connexion sont utilisés pour distribuer l'alimentation et le potentiel de masse à travers le circuit. Ils sont composés généralement de plus d'une vingtaine de contacts interconnectés tels que ci-dessous.



2.2. EB-2000

Station





Station et carte PCB



Vous aurez l'occasion d'utiliser des stations d'apprentissage EB-2000. Un mode d'emploi détaillé se trouve dans l'introduction des notes de laboratoire. Pour enficher une carte, il faut la poser sur la station, à un centimètre environ du connecteur et puis la connecter comme représenté.

Les connexions sur la carte s'effectue à l'aide de câbles bananes de 2mm. Certains points des circuits sont déjà connectés aux alimentations souhaitées.

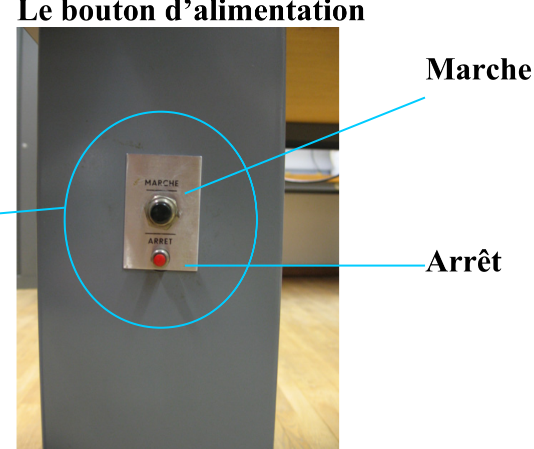
2.3. Table de laboratoire

La table





Le bouton d'alimentation



Les prises de courant des tables sont alimentées lorsque le bouton noir situé sur le montant gauche des tables est enfoncé. Sur certaines tables, sur le montant droit, un voyant lumineux s'éclaire lorsque la table est sous tension.

Pour utiliser un des appareils posés sur une table, il est nécessaire d'appuyer sur le bouton noir (marche).

Veillez à couper l'alimentation en appuyant sur le bouton rouge avant de quitter le local. Attention, les multimètres doivent être éteints séparément, ils fonctionnent sur piles.

2.4. Générateur multifonction



Ce générateur multifonction est constitué de 4 appareils distincts.

- Un compteur, permettant par exemple de déterminer la fréquence d'un signal.
- Un multimètre, permettant par exemple de mesurer des tensions et résistances.
- Une alimentation continue, permettant de générer des tensions continues.
- Un générateur de fonctions, permettant de générer des signaux carrés, triangulaires ou sinusoïdaux.

Lorsque vous utiliserez l'appareil, vous constaterez qu'il y a deux boutons POWER. L'un est spécifique au multimètre et l'autre alimente les 3 autres appareils. Si l'appareil ne répond pas lorsque vous enclenchez ces boutons, vérifiez l'alimentation de la table et les interrupteurs situés à l'arrière du générateur multifonction. Veillez toujours à éteindre le multimètre après usage pour économiser sa pile.

Le multimètre permet de mesurer des tensions et résistances selon le mode de fonctionnement choisi. Veillez dans le cadre de ces laboratoires à toujours mesurer des courants via les tensions mesurées aux bornes de résistances connues et l'expression I = V/R. Ne mesurez jamais les courants directement dans le cadre de ces laboratoires.



L'alimentation continue dispose de trois séries de bornes de connexion. La première délivre 5 V, la deuxième 15 V et la troisième est variable de 0 à 30V (varie à l'aide de boutons).

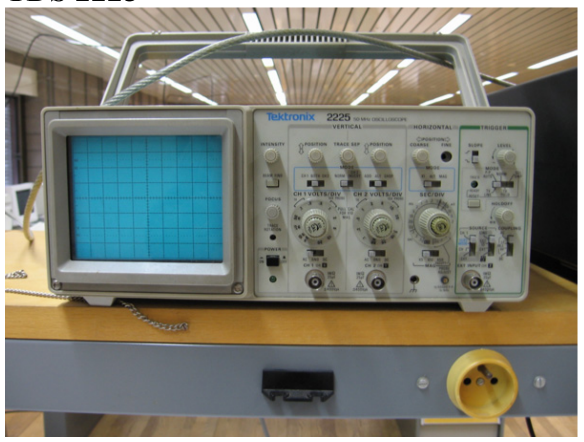
Le générateur de fonction permet de générer des signaux spécifiques, de fréquence et d'amplitude voulues. Attention, certains boutons n'agissent que s'ils sont tirés ou, dans la cas du variateur d'amplitude, lorsqu'il est tiré, les signaux générés sont de plus faibles amplitudes.



Le compteur ne sera pas utilisé dans le cadre de ces laboratoires.

2.5. Oscilloscope deux canaux

TDS 2225



TDS 1002



L'utilisation des fonctions classiques d'un oscilloscope est assez simple. Vous aurez l'occasion de manipuler des oscilloscopes 2 canaux, c'est-à-dire, permettant d'afficher deux signaux simultanément. Par exemple, l'oscilloscope pourra afficher un signal d'entrée et un signal de sortie d'un circuit simultanément sur son écran. Généralement vous vous servirez de sondes coax-crocos, dont vous brancherez la fiche coaxiale sur la borne de l'oscilloscope et les pinces crocos dans votre circuit. Notez que la pince crocodile noire correspond à la masse. Il vous est demandé de relier ensemble toutes vos masses (oscilloscope, alimentation, générateur, etc.) afin de garantir un potentiel de masse équivalent pour tous les appareils.

Vous avez 3 modes d'affichage pour un canal : ground (masse) affichant le potentiel de référence sur le canal, AC (alternatif) supprimant la composante continue d'un signal, et DC (continu) affichant tout le signal (continu + alternatif). Généralement, vous utiliserez ground pour aligner (à l'aide du bouton position) vos canaux sur le même niveau de référence et visualiserez vos signaux sur DC. Sur les anciens appareils, cette sélection s'opère à l'aide

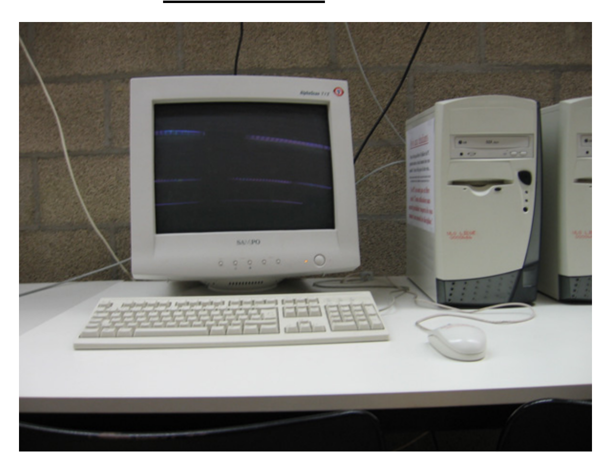
d’un interrupteur 3 positions et sur les nouveaux appareils, vous devez vous servir d’un menu (channel menu).

Le bouton rotatif situé au-dessus de la borne de connexion du canal modifie l’échelle d’affichage du signal (par exemple : 1 mV, 0,1 V, 5V par carré), généralement, l’échelle choisie pour le canal s’affiche sur l’écran de l’oscilloscope. Le troisième gros bouton rotatif agit sur l’échelle de temps (par exemple : 1ns, 1ms, 1s par carré). Vous devrez ajuster la position de ces boutons pour voir apparaître votre signal correctement.

Notez qu'il existe sur certains modèles un bouton « autoset » laissant à l'oscilloscope le soin de rechercher, pour vous, le meilleur mode d'affichage pour les signaux qu'il reçoit. Ce bouton est à utiliser avec une grande vigilance car il conduira généralement à un affichage des signaux en mode AC rendant invisible la composant continue du signal.

Un manuel détaillé du Tektronix TDS1002 se trouve sur le site : http://www.tek.com/.

2.6. Ordinateur



Sous Windows XP, ces machines disposent du logiciel LTSPICE. Aucun logiciel ne peut y être installé sans autorisation. La modification des paramètres (écran de veille, etc.) de ces machines est formellement interdite. N'oubliez pas d'éteindre ces machines après usage.

2.7. Divers (sur certaines tables)

Multimètre (Éteindre séparément)



Alimentation continue



Générateur de fonctions



LABORATOIRE 0 (Facultatif)

1. Matière à revoir

- Fonctionnement de diodes et diodes Zener (Cours, chap. 2 ; répétitions 1,2 et 3)

2. Équipement nécessaire

- Un oscilloscope double trace
- Un multimètre
- Un générateur de signaux
- Breadboard
- Boîtes contenant les diodes, capacités et résistances prévues pour ce laboratoire.

3. Visualiser des signaux à l'aide de l'oscilloscope

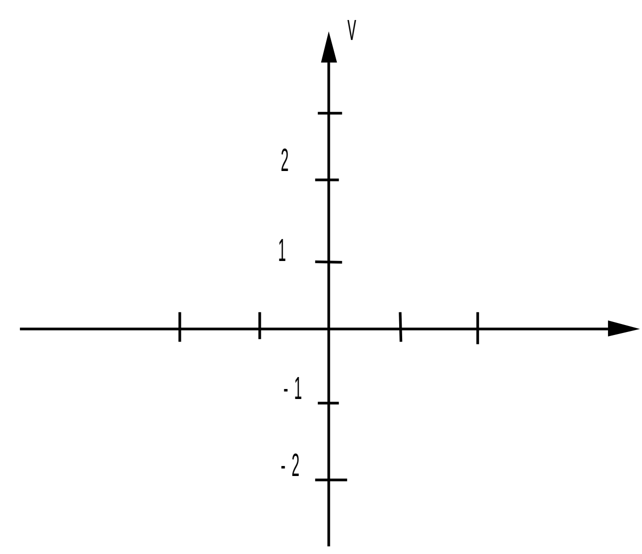
La première manipulation consistera à visualiser un signal produit par le générateur de fonctions à l'aide de l'oscilloscope.

a. Branchez directement la sortie TTL du générateur de fonctions au canal 1 de l'oscilloscope. Réglez le générateur sur une fréquence de 1 kHz. Allumez les deux appareils. Vérifiez que le bouton de sélection du générateur 50 ohms / 600 ohms est bien positionné sur une impédance de sortie de 50 ohms adapté à l'impédance caractéristique du câble coaxial utilisé.

b. Réglez l'oscilloscope à l'aide des boutons rotatifs de manière à observer le canal 1 avec une échelle de tension de 5V par carré et une échelle de temps de 1 ms par carré.

c. Passez en mode ground et alignez le signal au centre de l'écran (sur la ligne). Repassez en mode DC.

d. Qu'observez-vous ? Dessinez.



e. Que se passe-t-il lorsque vous modifiez les échelles de temps et de tension sur l'oscilloscope ? Les valeurs observées sont-elles modifiées ?

Commentaires :

f. Changez à présent de mode et passez en mode AC. Qu'observez-vous ? Expliquez.

Commentaires :

g. Revenez en mode DC. Observez la trace de l'oscilloscope en faisant varier la fréquence choisie sur le générateur. Que se passe-t-il ? Les valeurs observées sont-elles modifiées ?

Commentaires :

La sortie TTL d'un générateur de fonction délivre un signal carré d'amplitude (niveaux 0 et 5V), de fréquence variable. Ce signal peut servir de signal de synchronisation (ou de signal d'horloge) pour tous les composants de type TTL largement utilisés en électronique.

h. Branchez à présent la sortie output du générateur de fonctions au canal 1 de l'oscilloscope. Réglez le générateur sur une fréquence de 1 kHZ. Choisissez sur le générateur un signal triangulaire. Vérifiez que le bouton offset est bien enfoncé et modifiez l'amplitude du signal jusqu'à obtenir un signal ayant une amplitude de 5V. Vérifiez à l'aide du mode ground que votre signal est bien centré sur l'affichage de l'oscilloscope.

i. Tirez le bouton offset du générateur. Que se passe-t-il ? Tournez éventuellement ce bouton pour voir apparaître le signal. A quoi sert ce bouton ?

Commentaires :

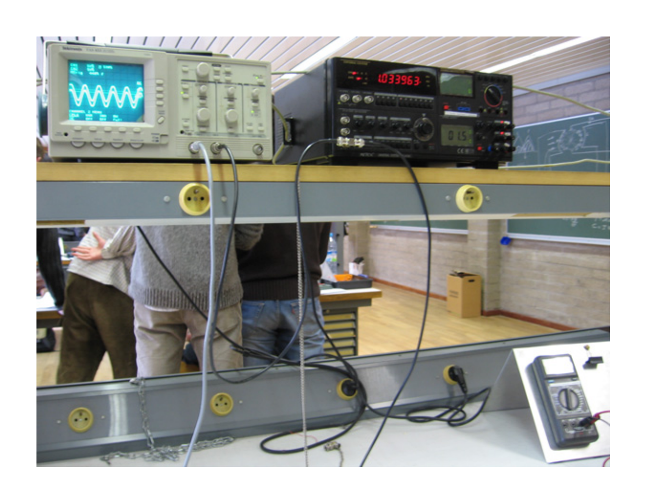
j. Passez en mode AC sur l'oscilloscope. Changez la valeur d'offset. Qu'observez-vous ?

Commentaires :

k. Revenez en mode DC sur l'oscilloscope. Changez la forme d'onde sur le générateur et observez. Les tensions de pic des différentes formes de signal correspondent-elles entre-elles ?

Commentaires :

l. Sans modifier les paramètres de l'oscilloscope ni du générateur, à l'aide d'un câble coax-crocos et d'un T (pour câbles coaxiaux), connectez maintenant, en parallèle, l'oscilloscope et une résistance 470 ohms (ou proche de cette valeur). Qu'observez-vous en comparant les tensions à vide et en charge (lorsque la résistance est connectée)?



Commentaires :

4 Mesurer c'est perturber

Note sur la mesure en différence de potentiel en électronique analogique.

N'ayant à disposition qu'une carte EB-111, chaque groupe réalisera tour à tour cette manipulation. Vous pouvez passer aux manipulations suivantes en attendant votre tour.

a. Placez le PCB EB-111 sur le Master Board et mettez ce dernier sous tension.

b. Initialisez le microprocesseur (815, *, 017,*, *, *, *, *) et sélectionnez le mode EXPERIMENTS (1,*).

La manipulation suivante à pour but de mettre en évidence un problème de mesure affectant les multimètres digitaux employés.

Alimentez le montage en émetteur commun de la Fig. 1 avec une tension PS-1 de 10 V. Au moyen de la résistance variable RV3, ajustez le point de repos du transistor à $V_{CE} = 5$ V. Vous allez à présent mesurer la chute de tension aux bornes de la résistance de base R13 de trois façons différentes :

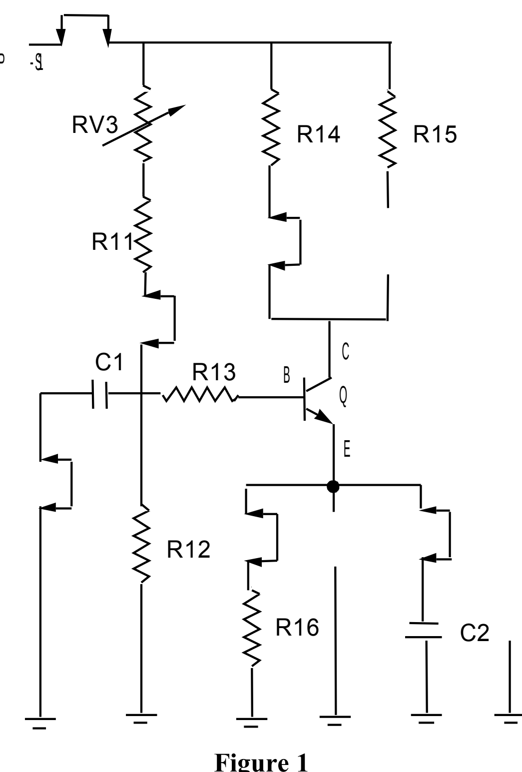


Figure 1

c. Pour les trois mesures suivantes, vous utiliserez le multimètre faisant partie de l'appareil multifonction. Connectez l'électrode froide (noire) à la borne de R13 qui est en contact avec la base du transistor, et l'autre électrode (rouge) à l'autre borne de R13. Quelle valeur de V_{R13} mesurez-vous?

Commentaires :

d. Mesurez à présent V_{R13} après avoir inversé les électrodes. Qu'observez-vous?

Commentaires :

e. Procédez enfin de la façon suivante: connectez l'électrode froide à la masse du circuit, mesurez séparément les tensions de chacune des bornes de R13 par rapport à la masse, et calculez la chute de tension aux bornes de R13. Avec laquelle des deux mesures précédentes votre résultat concorde-t-il?

Commentaires :

f. A l'aide d'un multimètre indépendant de l'appareil multifonction, vous allez maintenant afficher, en permanence, la tension entre le collecteur et la masse. Vous réaliserez une nouvelle fois les trois prises de mesure (décrites en c, d et e) à l'aide du multimètre de l'appareil multifonction. Qu'observez vous concernant la la tension de collecteur lors des mesures ? Dans le cas présent quel est l'impact de la prise de mesure sur le circuit ?

Commentaires :

Le problème observé est lié, dans le cas présent, au faible courant traversant R13, à la station EB-2000 et à la carte qui lui est connectée. En fait, le circuit que vous avez analysé est beaucoup plus complexe que le circuit dessiné sur la figure ci-dessus afin, dans un but d'enseignement, de pouvoir utiliser cette carte dans un mode permettant de pouvoir générer des pannes que les futurs ingénieurs et techniciens devraient détecter. Il apparaît que ce circuit « caché » perturbe la mesure des faibles courants. Vous l'aurez d'ailleurs constaté en mesurant la tension de collecteur, le courant de base est altéré par la présence du multimètre.

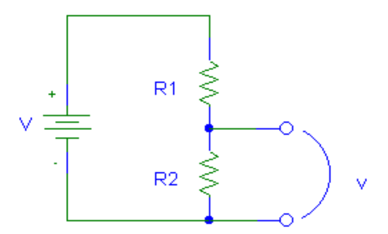
En fait, si vous reproduisiez le circuit de la figure 1 sur une breadboard, la prise de mesure ne demanderait pas tant de prudence. En reproduisant les étapes c et d, aucune différence significative ne pourrait être observée.

Quoi qu'il en soit, cette manipulation vous montre que la mesure différentielle d'une chute de tension (méthodes 1 et 2) est dangereuse ("Mesurer, c'est perturber") lorsque l'on ne connaît pas parfaitement les circuits que l'on analyse. Pour les multimètres employés au dans le cadre de ces laboratoires, seule la mesure individuelle des tensions à chaque point fournit un résultat fiable lorsque de faibles courants sont concernés.

A tout moment, lorsque vous effectuez des mesures, il faut impérativement que vous restiez critique par rapport à votre système et par rapport aux résultats observés. Une comparaison avec un résultat théorique, même approximatif, pourra déjà vous aider à déterminer la fiabilité d'une mesure.

5 Le pont diviseur

a. Repérez ou construisez sur la breadboard le circuit du pont diviseur représenté ci-dessous :



b. Quelles sont les valeurs de R1 et R2 choisies (code couleur et valeurs données par le multimètre) ? Donnez l'expression théorique de v. Alimentez le circuit avec une tension continue V=5V et mesurez v. Comparez vos résultats à la théorie.

Attention, pour une mesure fiable de la valeur d'une résistance à l'aide d'un multimètre, il faut utiliser le multimètre dans le mode Ohmmètre (bouton rotatif sur la position « Ohms ») et extraire la résistance du circuit auquel elle est connectée. La lecture du code couleur des résistances est expliquée en annexe.

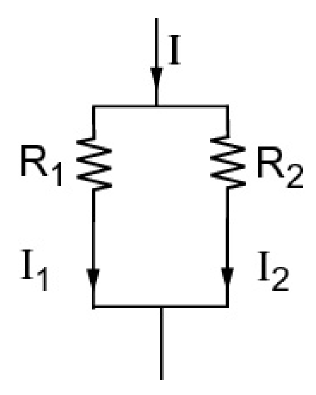
Commentaires :

c. Remplacez maintenant l'alimentation continue V par un signal triangulaire de tension de crête Vmax = 5V de valeur moyenne 0 V. Observez les signaux d'entrée (V) et de sortie (v) simultanément à l'oscilloscope (utilisez les câbles coax-crocos).

Commentaires :

6 Le diviseur de courant

a. Repérez ou construisez sur la breadboard le circuit du diviseur de courant représenté ci-dessous :

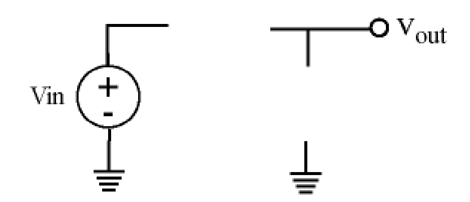


b. Quelles sont les valeurs de R1 et R2 choisies ? Donnez l'expression théorique de I, I_{R1}, I_{R2}, V_{R1} et V_{R2} en fonction de V. Alimentez le circuit avec une tension continue V = 5V et mesurez V_{R1} et V_{R2}. Déterminez par calcul, en fonction des V_{R1} et V_{R2} mesuré, les courants I_{R1} et I_{R2}. Comparez vos résultats expérimentaux à la théorie.

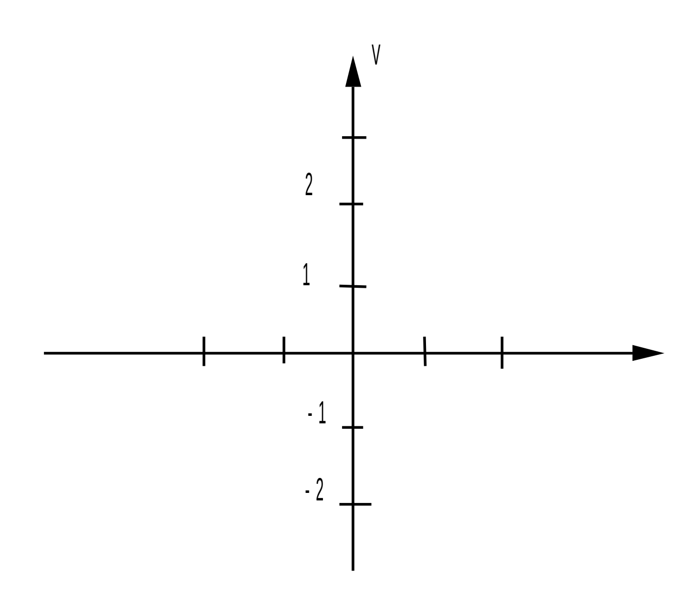
Commentaires :

7 Le circuit redresseur

a. Complétez le schéma ci-dessous afin de représenter un circuit redresseur simple alternance.



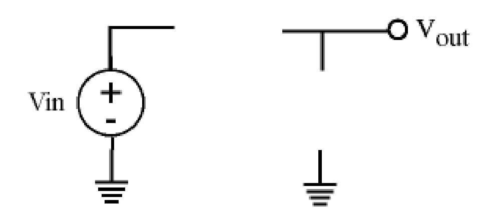
b. Alimentez le circuit avec un signal triangulaire, 1 kHz, de tension de crête Vmax = 5V et de valeur moyenne 0 V. Observez les signaux d'entrée (v_{in}) et de sortie (v_{out}) simultanément à l'oscilloscope (utilisez les câbles coax-crocos). Les résultats sont ils cohérents ? Qu'observez-vous ?



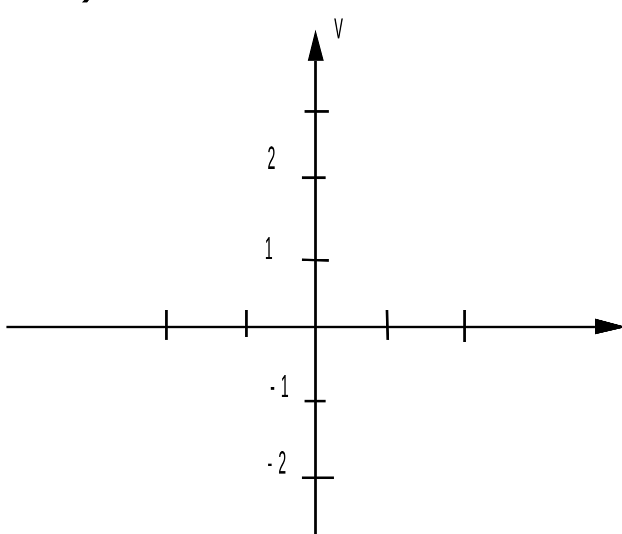
Commentaires :

8 Le circuit limiteur

a. Complétez le schéma ci-dessous afin de représenter un circuit limiteur.



b. Alimentez le circuit avec un signal triangulaire, 1 kHz, de tension de crête Vmax = 5V dont la valeur moyenne est centrée en 0 V. Observez les signaux d'entrée (v_{in}) et de sortie (v_{out}) simultanément à l'oscilloscope (utilisez les câbles coax-crocos). Les résultats sont ils cohérents ? Qu'observez-vous ?

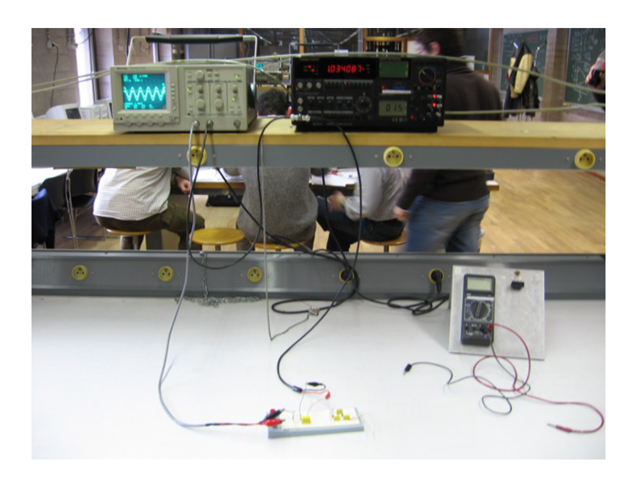


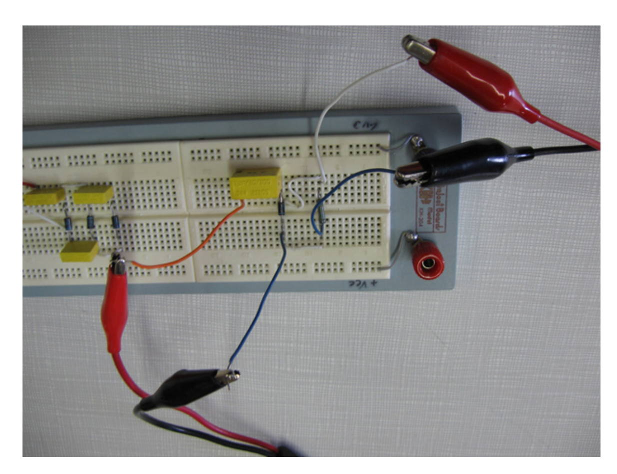
Commentaires :

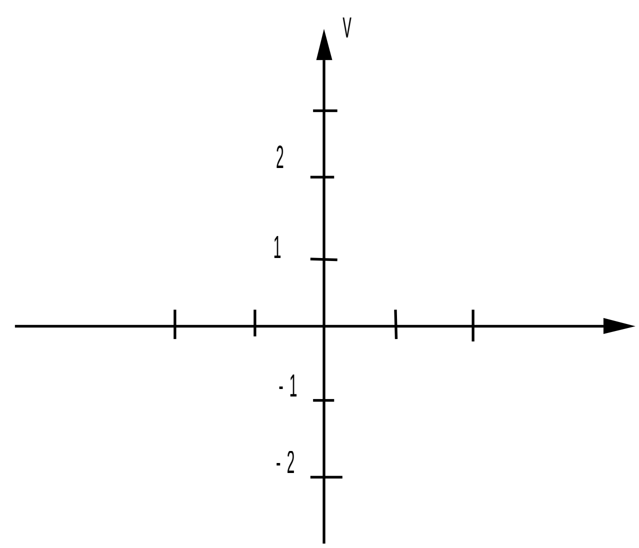
9 Circuits de fixation de niveau (« clampers »)

Les « clampers » sont des circuits très simples utilisés afin de fixer la tension maximale ou minimale à une valeur donnée tout en gardant sa forme originale du signal. Les clampers sont par exemple employés pour modifier la composante DC d'un signal.

a. Alimentez le circuit avec un signal sinusoïdal, 1 kHz, de tension de crête Vmax = 5V et de valeur moyenne 0 V. Observez et dessinez les signaux d'entrée (v_{in}) et de sortie (v_{out}, pris aux bornes de la résistance) simultanément à l'oscilloscope (utilisez les câbles coax-crocos). Mesurez la tension aux bornes de la capacité à l'aide d'un multimètre, en mode DC. Expliquez le fonctionnement du circuit.



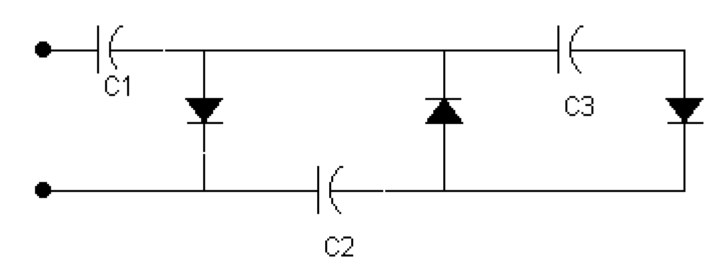




C1 d R1 0

Commentaires :

b. Alimentez le circuit ci-dessous avec un signal sinusoïdal, 1 kHz, de tension de crête Vmax (tel qu'indiqué dans le tableau ci-dessous) et de valeur moyenne 0 V. Mesurez les différences de potentiel aux bornes des capacités avec le multimètre (mode DC). Mesurez la différence de potentiel entre la borne gauche de C1 et la borne droite de C3. Comparez ces tensions de sortie avec la tension d'alimentation et expliquez quelle pourrait être la fonction du circuit suivant :



Vin	Vc1	Vc2	Vc3	Vc3_c1
5V max				
7V max				
9V max				

<u>Commentaires :</u>

LABORATOIRE I

1. Matière à revoir

- Fonctionnement des diodes à jonction pn et diodes Zener (Cours, chap. 2 ; répétitions 1,2 et 3)
- Le transistor bipolaire (Cours, chap. 3 ; répétitions 4 et 5)

2. Équipement nécessaire

- Une station EB – 2000
- Le circuit imprimé contenant les 4 montages à tester
- Un oscilloscope double trace
- Un multimètre
- Un générateur de signaux
- Remarques : R1 = 220 Ω , R2 = 100kΩ , R3 = 1kΩ , R4 = 22kΩ , R5 = 470Ω , R6 = 150Ω , R7 = 100Ω , R10 = 10kΩ , RV1 = 0 - 470kΩ , RV2 = 0 - 700Ω .

3. Le redresseur simple alternance

- Repérez le montage redresseur (figure 1.1) sur le circuit imprimé :

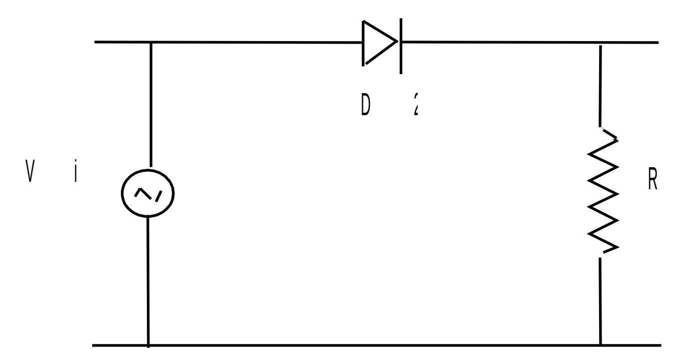


Figure 1. 1 : R3 = 1 kΩ

- A l'aide du générateur de signaux, alimentez le circuit avec une sinusoïde de 4V crête à crête, 200 Hz. Placez la tension d'offset à zéro.
- Connectez le canal 1 de l'oscilloscope à Vin et le canal 2 aux bornes de la charge R3. Les 2 canaux doivent être dans le mode DC.

a. Dessinez sur la figure 1.2 la tension d'entrée en fonction du temps ainsi que celle aux bornes de R3. Expliquez l'allure du signal de sortie V_{R3}.

Commentaires :

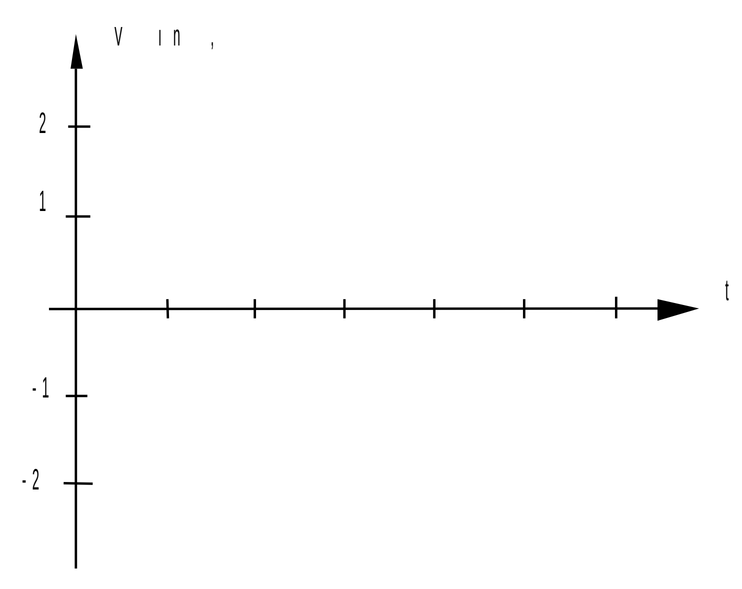


Figure 1. 2

b. Placez l'oscilloscope dans le mode X-Y (Vin = X, VR3 = Y) afin d'obtenir la courbe de transfert VR3 = f(Vin). Dessinez la courbe de transfert sur la figure 1.3 pour les valeurs de Vin comprises entre -2V et +2V. Qu'observez-vous ? Justifiez ce résultat.

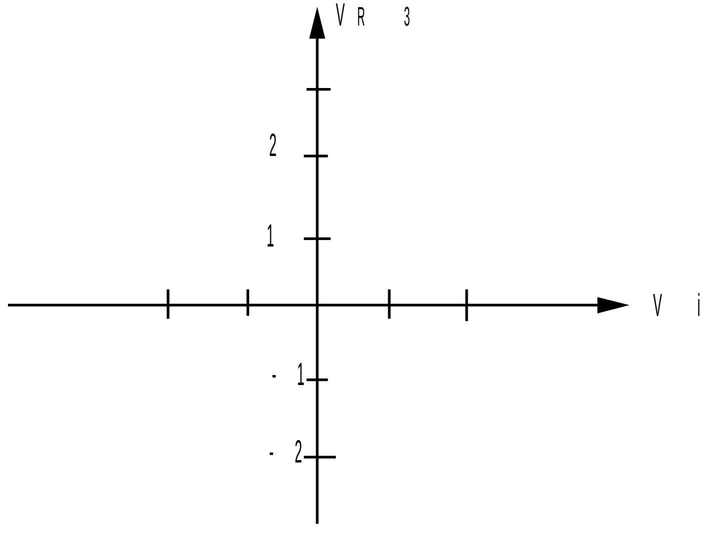


Figure 1. 3

Commentaires :

c. Répétez la procédure "a" pour une onde triangulaire et pour une onde carrée de 200Hz. Tracer les courbes sur les figures 1.4 et 1.5. Commentez vos observations à l'aide de la figure 1.3.

Commentaires :

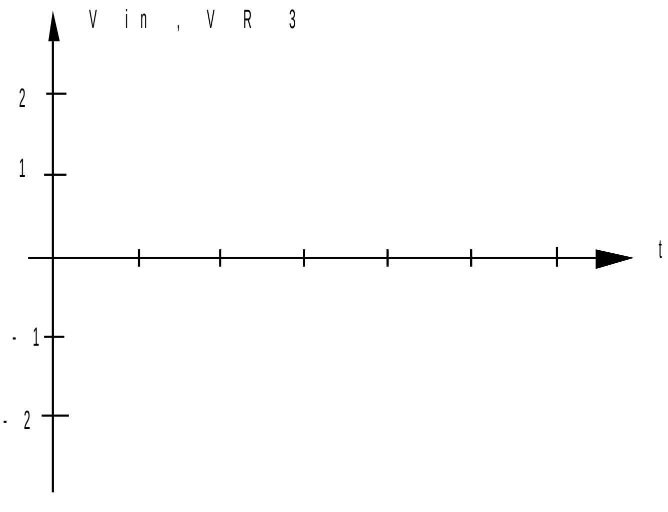


Figure 1. 4

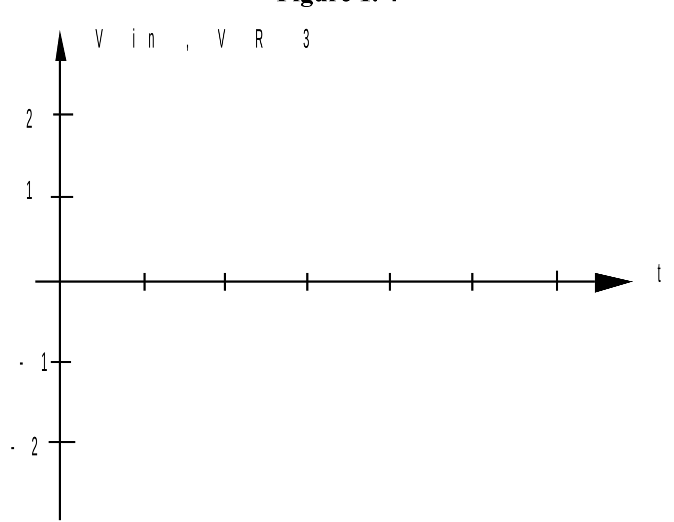


Figure 1. 5

4. Régulation de tension avec diodes Zener

4.1 Caractéristiques de la Zener

a. Repérez le montage suivant sur le circuit imprimé et connectez-le suivant la figure 1.6 (PS-1 est l'alimentation continue de la station EB-2000 ou une alimentation indépendante).

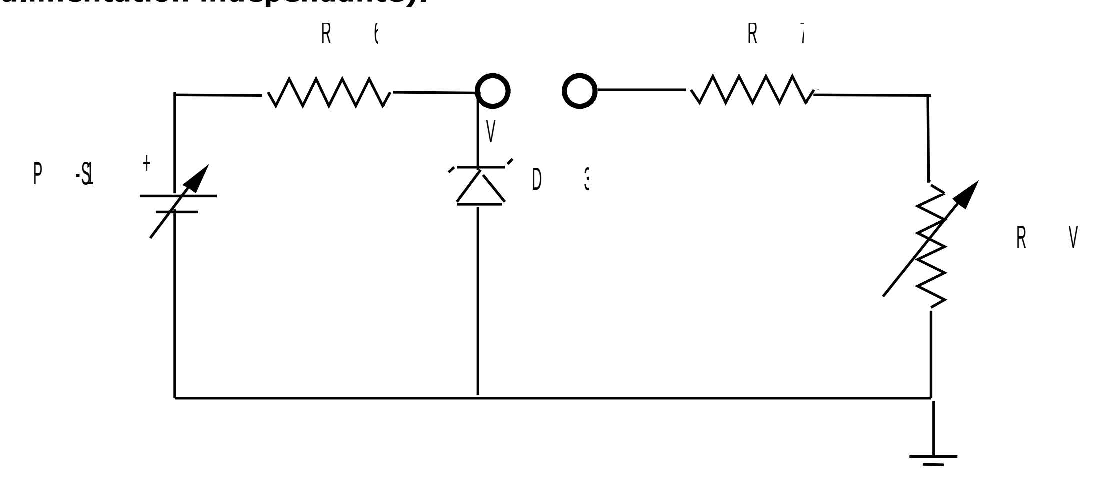


Figure 1.6 : R6 = 150 Ω et R7 = 100 Ω

b. Ajustez PS-1 afin d'obtenir les différentes tensions de la figure 1.7. Mesurez la tension aux bornes de la diode et calculez le courant dans la diode à l'aide de la différence de potentiel aux bornes de R6. Remplissez le tableau 1.7.

PS-1(V)	0	2	4	5	6	7	8	9	10
Vz(V)									
Iz (mA) calculé									

Tableau 1.1

c. Tracez la caractéristique de la diode Zener et commentez cette trace à l'aide d'éléments théoriques.

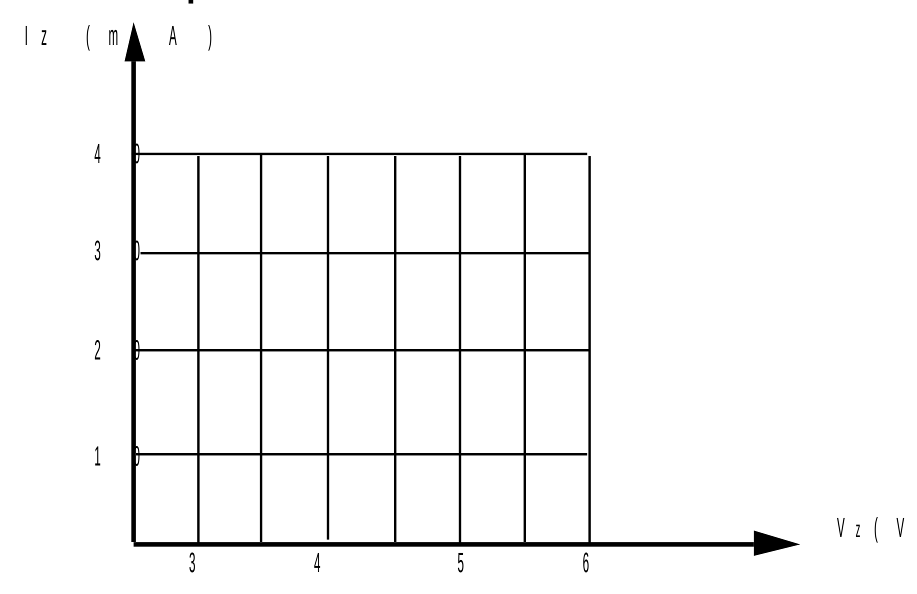


Figure 1. 7

Commentaires :

4.2 Régulation de charge

a. Ajustez la résistance R = (RV2 + R7) à 800 Ω et connectez R7 à la diode.

b. Pour Vin = PS-1 = 5V, mesurez la tension Vz aux bornes de la charge R. Inscrivez le résultat dans la première case du tableau 1.2.

c. Remplissez ensuite les 4 premières lignes du le tableau1.2 pour les différentes valeurs de Vin et de R. Que constatez-vous ?

Commentaires :

Vin (V)	5	6	7	8	9	10	12
Vz(R=800Ω) (V)							
Vz(R=500Ω) (V)							
Vz(R=200Ω) (V)							
Vz(R=100Ω) (V)							
Régulation (V/mA)							

Tableau 1. 2

d. En utilisant la formule ci-dessous, déterminez la régulation de charge et complétez la dernière ligne du tableau. Tracez les courbes sur les figures 1.8 pour les différentes valeurs de charge. Discutez l'intérêt de ce paramètre de régulation et commentez les courbes et résultats obtenus.

$$\text{Régulation de charge } [V/mA] = \frac{\left|V(R=800\Omega) - V(R=100\Omega)\right|[V]}{\left|I(R=800\Omega) - I(R=100\Omega)\right|[mA]}$$

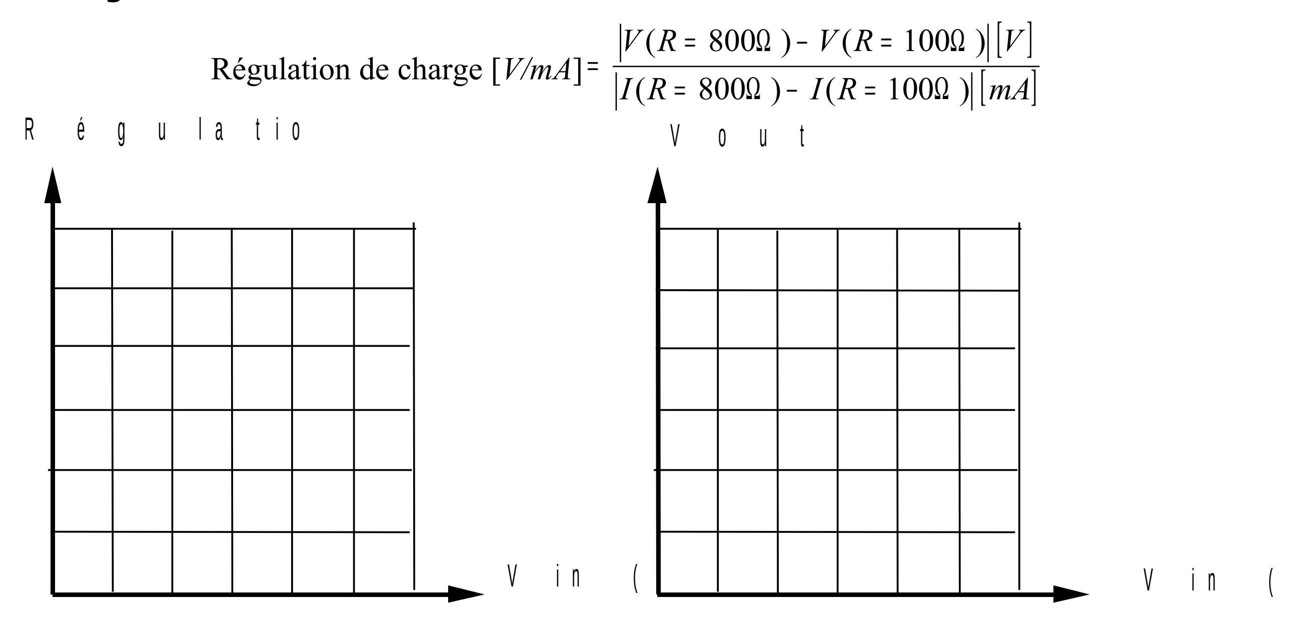


Figure 1. 8

<u>Commentaires :</u>

e. **Gardez le même circuit. Alimentez-le avec une sinusoïde 20 volts crête à crête, 1kHz. Visualisez Vin et Vz à l'oscillo et dessinez ces signaux sur les figures suivantes pour R = RV2 + R7 = 0 Ω , 100 Ω , 800 Ω . Commentez les résultats. Sont-ils cohérents ?**

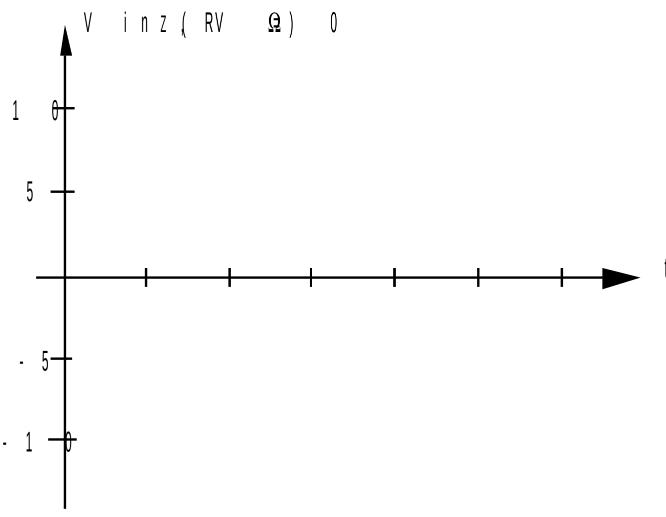


Figure 1. 9

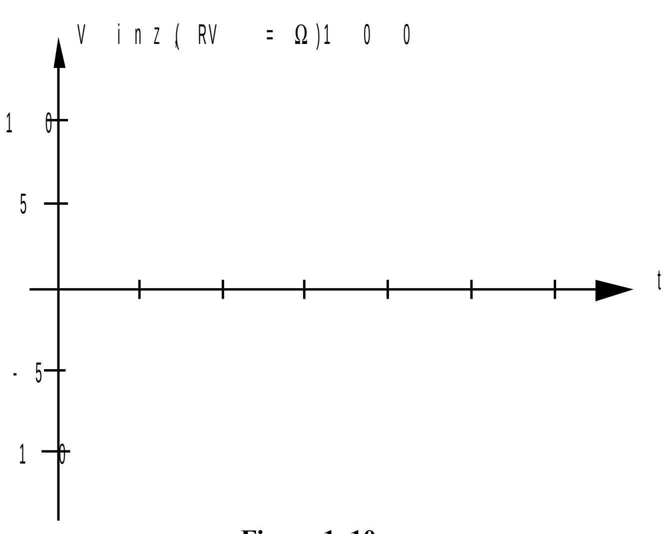


Figure 1. 10

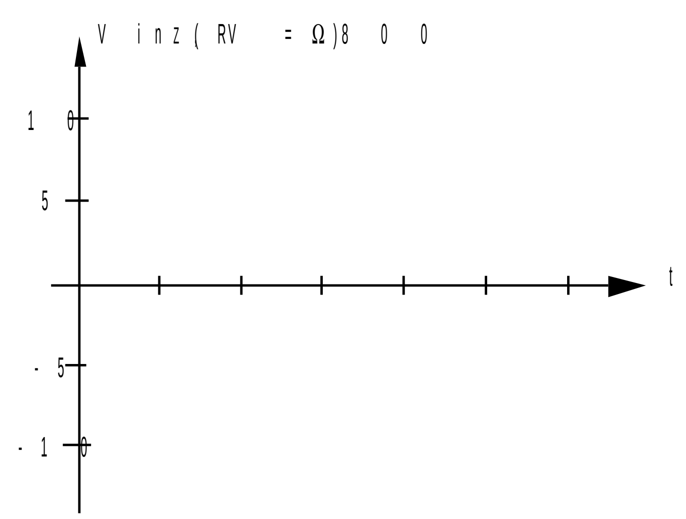


Figure 1. 11

Commentaires :

5 Le transistor bipolaire

5.1 Caractéristiques de base

- Repérez le montage du transistor bipolaire sur le circuit imprimé :

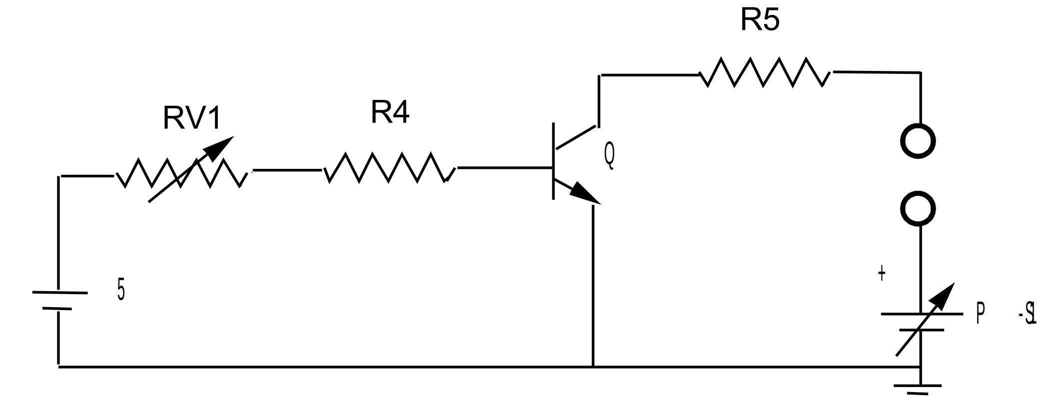


Figure 1. 12 : RV1 : 0 -> 470 kΩ , R4 = 22 kΩ , R5 = 470 Ω

- Ajustez RV1 pour obtenir des courants IB appartenant aux intervalles donnés dans le tableau 1.3. Mesurez le courant IB réellement imposé via la tension aux bornes de R4.

a. Pour chaque courant de base, mesurez la tension base - émetteur et complétez le tableau.

IB (µA) désiré	5 - 15	16 - 25	25-50	80 - 120
VR4 (V)				
IB (µA) réel				
VBE (V)				

Tableau 1. 3

b. Tracez ensuite la caractéristique $I_B = f(V_{BE})$ et commentez cette courbe.

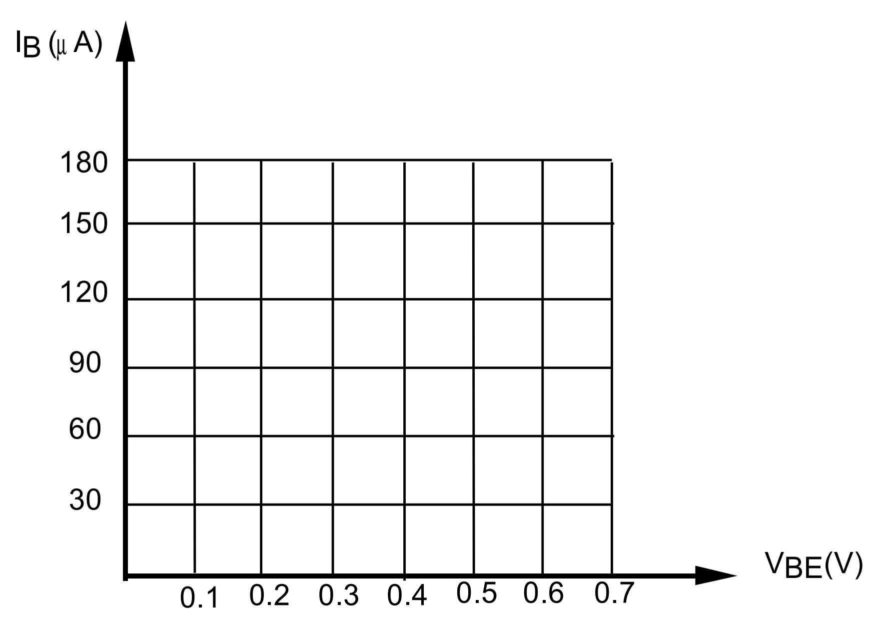


Figure 1. 13

Commentaires :

5.2 Transistor comme source de courant

- Connectez le circuit figure 1.12 de la manière suivante :

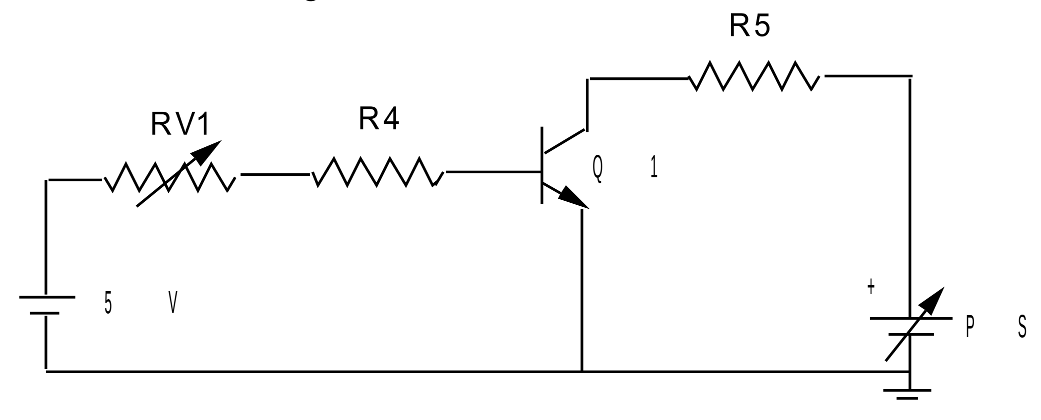


Figure 1. 14

a. Ajustez PS-1 à 2 volts et RV1 de manière à obtenir un courant de collecteur de 2 mA.

b. Modifiez PS-1 et déterminer la valeur du courant de collecteur pour toutes les valeurs du tableau suivant. Expliquez l'allure des résultats.

PS-1	1	2	4	6	8	10
VR5 (V)						
IC (mA)						

Tableau 1. 4

Commentaires :

5.3 Caractéristiques de sortie

- En utilisant le même montage que précédemment, modifiez RV1 pour obtenir un courant de base de 15 µA (vérifier cette valeur au moyen de R4).

a. Ajustez PS-1 pour obtenir VCE = 0,3 volts et complétez la première case du tableau 1.5.

b. Modifiez PS-1 pour obtenir les différentes valeurs de VCE données. Pour chacune des valeurs, déterminez l'intensité du courant de collecteur; attention, pour un courant de base donné, la valeur de IB (et donc RV1) ne doit pas subir de modification.

c. Recommencez les mêmes mesures pour les autres valeurs de IB.

IB (µA)		15	20	40	80	100
VCE (V)	IC (mA)					
0,3	VR5 (V) IC (mA)					
0,5	VR5 (V) IC (mA)					
1	VR5 (V) IC (mA)					
4	VR5 (V) IC (mA)					
7	VR5 (V) IC (mA)					
9	VR5 (V) IC (mA)					

Tableau 1. 5

d. Tracez la famille de courbes $I_C = f(V_{CE})$ pour I_B = constante.

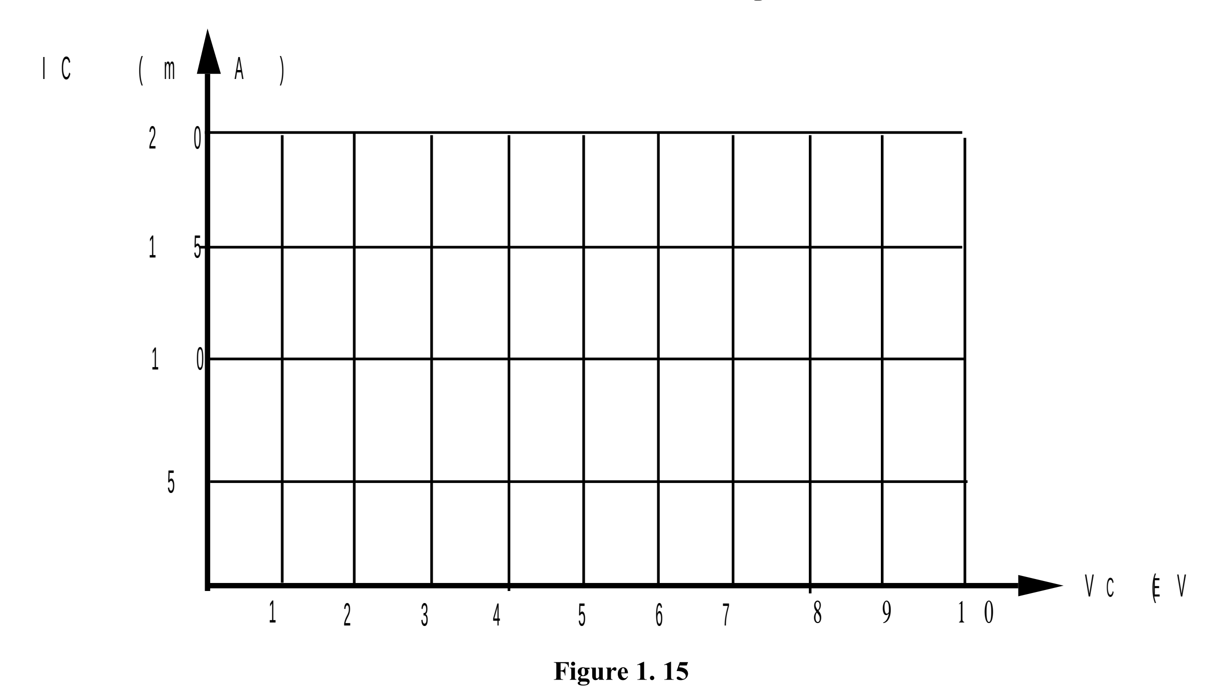


Figure 1. 15

e. Repérez les différentes régions de fonctionnement. A partir des courbes obtenues, quelle est la valeur du gain en courant dans la région linéaire?

<u>Commentaires :</u>

5.4 Caractéristiques de la diode à jonction

- Localisez, sur le circuit imprimé, le montage suivant.

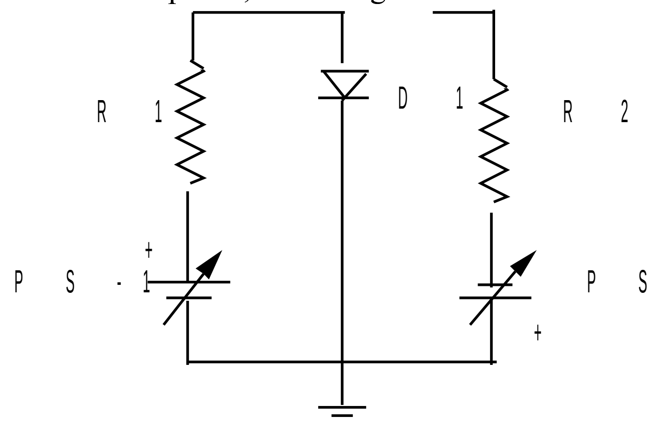


Figure 1. 16

R1 = 220 Ω et R2 = 100 kΩ

5.4.1 Polarisation directe

- Ajustez l'alimentation PS-1 jusqu'à ce que la tension directe aux bornes de la diode soit égale à 0,2V. Mesurez le courant dans le circuit (au moyen du voltmètre en mesurant V_{R1}).

a. Complétez le tableau suivant pour les différentes valeurs de la tension aux bornes de la diode.

V_{D1} (V)	0	0,2	0,4	0,5	0,55	0,6	0,64	0,67	0,7
V_{R1} (V)									
I_f (mA)									

Tableau 1. 6

b. Tracez la caractéristique de la diode.

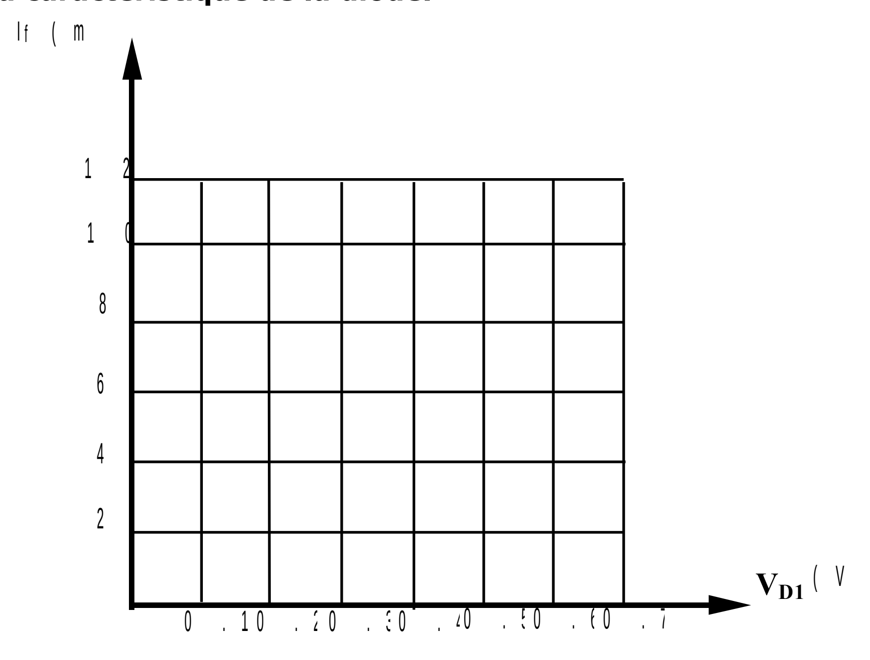


Figure 1. 17

c. Déterminez la résistance dynamique aux points V_{D1} = 0,45V et V_{D1} = 0,5V. Utilisez l'équation suivante :

$$\text{Résistance dynamique} = \frac{\text{Variation de } V_{D1}}{\text{Variation de } I_f} = \frac{\Delta V}{\Delta I}$$

$$R_D\Big|_{V_{D1}=0.45V} = \ldots\ldots$$

$$R_D\Big|_{V_{D1}=0.5V} = \ldots\ldots$$

5.4.2 Polarisation inverse

- Connectez la diode en inverse (figure 1.18).

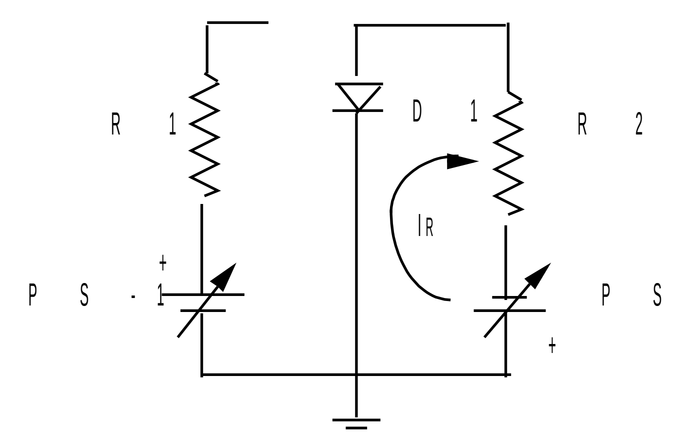


Figure 1. 18

a. Mesurez le courant dans le circuit pour les différentes valeurs de l'alimentation PS-2. Remplissez le tableau 1.7. Qu'observez-vous ?

PS-2 (V)	0	-1	-5	-10
V_{R2} (mV)				
I_{R2} (µA)				

Tableau 1. 7

Commentaires :

LABORATOIRE II

1 Matière à revoir

- Amplificateurs à faibles signaux (polarisation, amplification) (Cours, chaps 4 et 5, répétition 4 et 5)

2 Équipement nécessaire

- Une station EB-2000, le PCB **EB-111** ou le circuit imprimé ou la breadboard contenant les montages à tester
- Un oscilloscope double trace, un multimètre, un générateur de signaux
- Remarques : R8 = 100Ω , R9 = 22kΩ , R10 = 1kΩ , R11 = 47kΩ , R12 = 10kΩ , R13 = 22kΩ ,R14 = 4.7kΩ , R15 = 680Ω , R16 = 1kΩ , R17 = 100Ω , RV3 = 0-43kΩ .

3 Initialisation

- Placez le PCB EB-111 sur le Master Board et mettez ce dernier sous tension.
- Initialisez le microprocesseur (815, *, 017,*, *, *, *, *) et sélectionnez le *mode* EXPERIMENTS (1,*).

4 Amplificateur à transistor bipolaire

4.1 Fonctionnement *en courant continu* (polarisation)

- Localisez le circuit de la figure 2.1 et effectuez les connexions demandées.

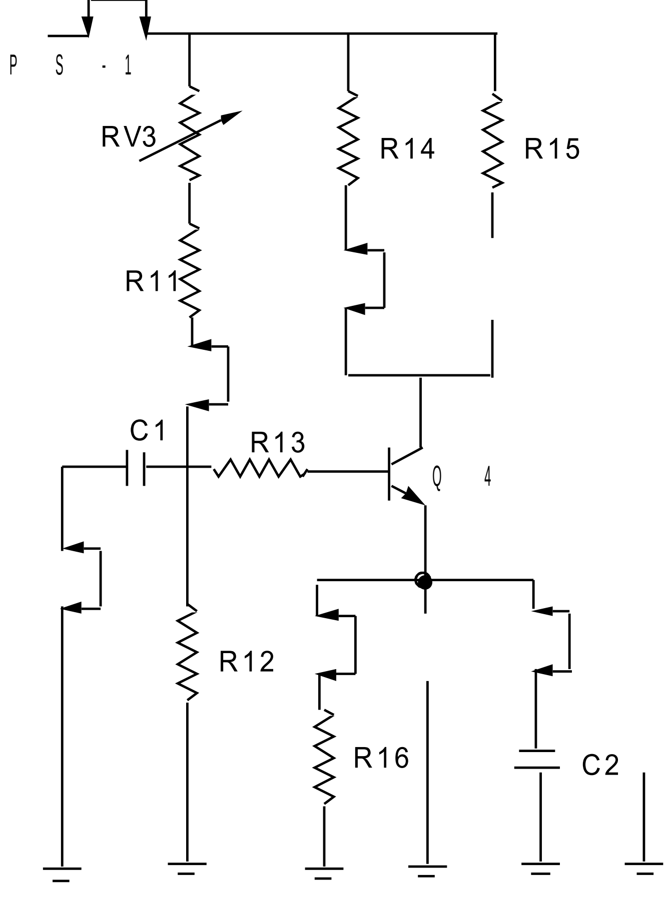


Figure 2. 2

- Réglez PS-1 à 10 volts et ajuster RV3 pour obtenir V_{CE} = 5 volts.

a. Mesurez V_{BE}, V_{CE}, V_E, V_{R13} (attention à l'utilisation du multimètre pour V_{R13}, voir labo 0, point 4).

V_{BE} = V_{CE} = V_E = V_{R13} =

b. Déduisez les valeurs de I_C, I_B et β.

I_C = I_B = β =

c. Dans quel mode se trouve le transistor ? Justifiez.

Commentaires :

4.2 Fonctionnement *en courant alternatif* (amplification)

- Avant de connecter le signal d'entrée, placez le point de fonctionnement du circuit au milieu de la droite de charge en ajustant V_{CE} à 5 volts (à l'aide de RV3).
- Réglez le générateur de signaux pour qu'il délivre un signal sinusoïdal de 2 kHz et connectez l'oscilloscope de manière à visualiser v_{in} et v_{out}.
- Ajustez, **ensuite**, l'amplitude du signal délivré par le générateur pour obtenir **à la sortie** une sinusoïde de 4 volts crête à crête.

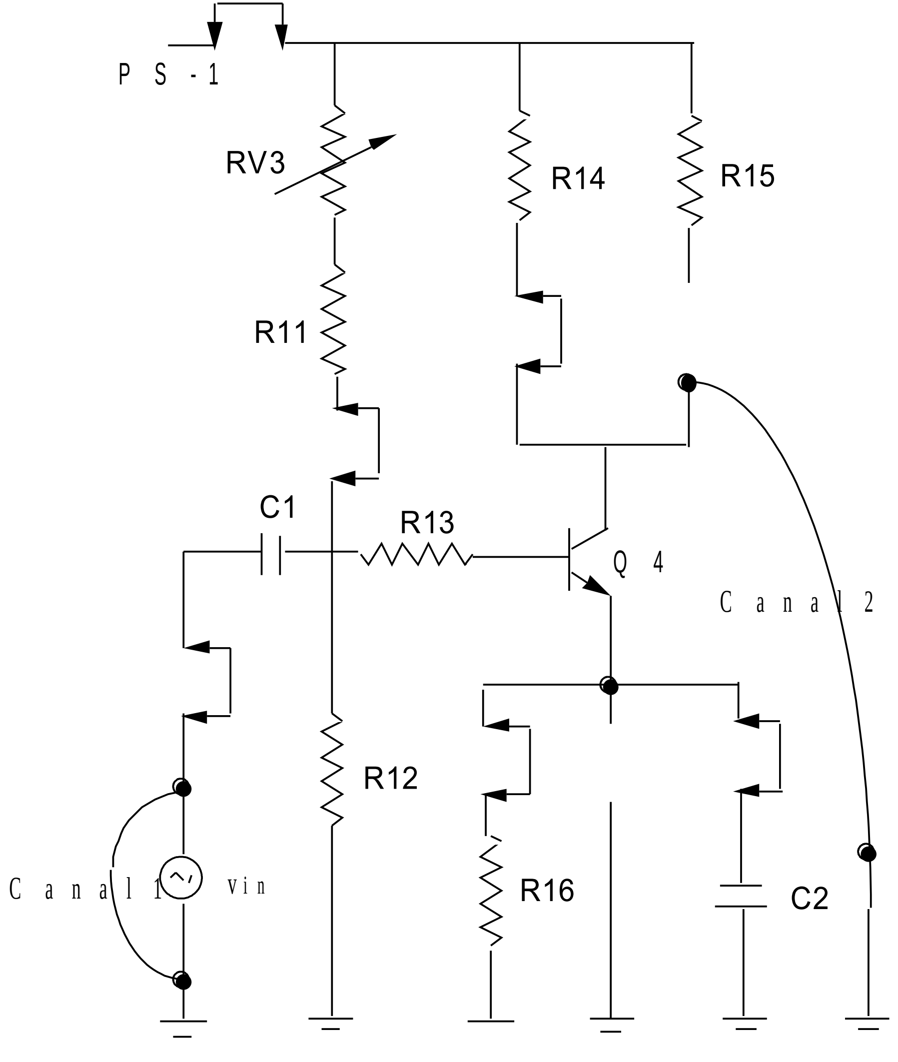


Figure 2. 3

a. **Visualisez le signal d'entrée et le signal du collecteur de Q4. Qu'observez-vous ? Est-ce cohérent l'expression algébrique du gain en tension (servez-vous du modèle petit-signal de ce circuit en émetteur-commun et du formulaire pour déterminer l'expression du gain en tension) ?**

Commentaires :

b. **Que vaut la résistance de charge du circuit (résistance d'entrée de l'oscilloscope) ?**

Commentaires :

c. **Complétez les graphes suivants. Comment se comporte le circuit lorsque la résistance de collecteur varie ? Comment justifiez-vous ce comportement ?**

Commentaires :

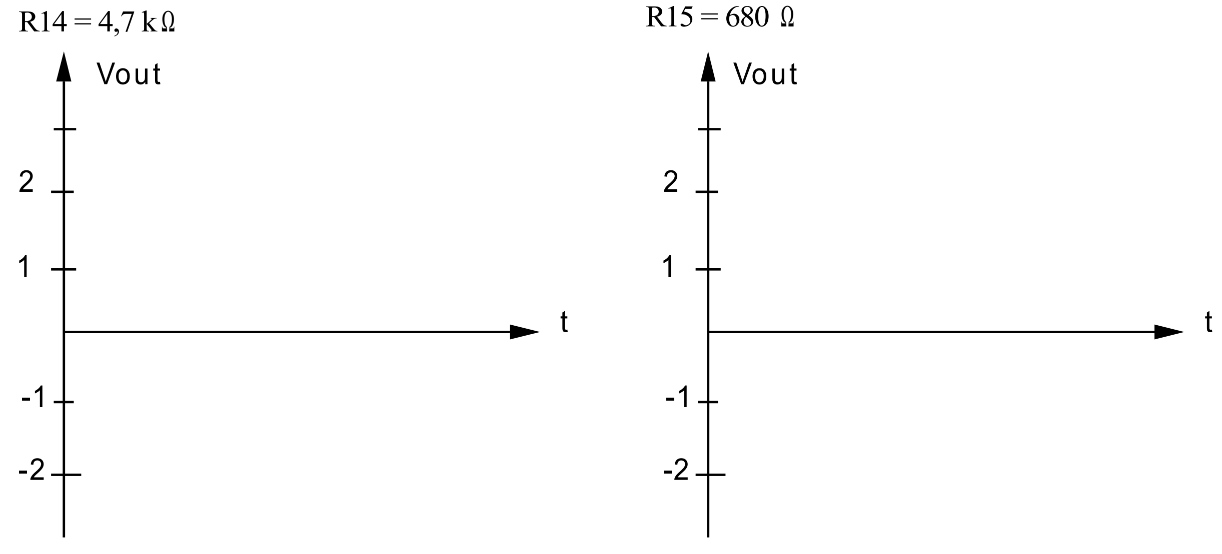


Figure 2. 4

d. **Déterminez le gain en tension et le gain en courant en alternatif (utilisez le voltmètre en RMS). Déduisez-en le gain en puissance.**

	Gain en tension	Gain en courant	Gain en puissance
RC = 4,7 kΩ	vout vin av	ic ib β	
RC = 680 Ω	vout vin av	ic ib β	

Tableau 2. 1

e. Les valeurs mesurées sont-elles cohérentes avec les expressions théoriques des différents gains (servez-vous du modèle petit-signal de ce circuit en émetteur-commun et du formulaire pour déterminer l'expression des différents gains) ?

Commentaires :

f. Déconnectez la capacité C2. Comment évolue le gain en tension ? Justifiez.

Commentaires :

- Reconnectez C2 et R14 et déconnectez temporairement le générateur de signaux. Ajustez RV3 pour obtenir V_{CE} = 8 volts.
- Brancher à nouveau le générateur et observer le signal de sortie.

g. Quelle est la raison de cette distorsion ? Tracez les signaux sur la figure 2.4.

Commentaires :

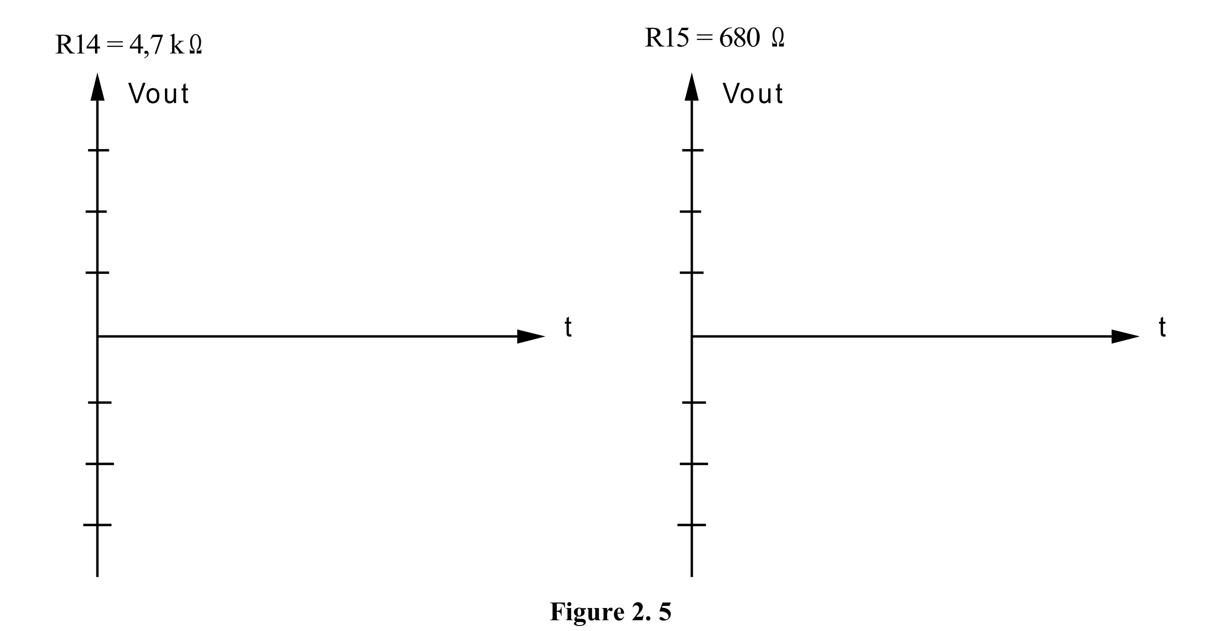


Figure 2. 5

h. Le signal alternatif force-t-il le transistor en dehors de sa région active? Si oui, dans quelle région le transistor est-il forcé ?

Commentaires :

- Déconnectez temporairement le générateur de signaux et ajuster RV3 pour obtenir V_{CE} = 2,5 volts avec R14 (court-circuiter R11 si vous n'arrivez pas à atteindre cette valeur).
- Branchez à nouveau le générateur et observez le signal de sortie.

i. Quelle est la raison de la distorsion ? Tracer les signaux sur la figure 2.5.

Commentaires :

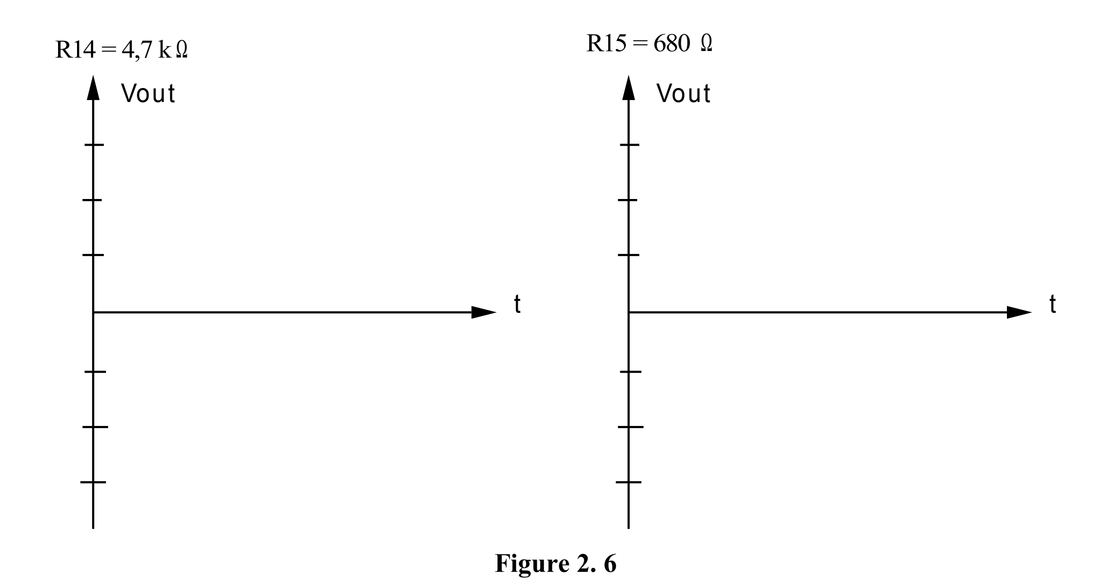


Figure 2. 6

j. Le signal alternatif force-t-il le transistor en dehors de sa région active? Si oui, dans quelle région le transistor est-il forcé?

Commentaires :

4.3 Réponse fréquentielle

- Utilisez le même circuit et les mêmes connexions que ci-dessus (figure 2.2). Vérifiez que PS-1 est toujours à 10 volts et modifiez RV3 pour obtenir VCE = 5 volts.
- Réglez le générateur de signaux pour obtenir **en sortie** une sinusoïde 6 volts crête à crête, 1000 Hz (Vérifiez avec l'oscilloscope).

a. Mesurez la tension crête à crête de la sortie et complétez le tableau suivant. L'amplitude de la tension d'entrée ne doit pas varier.

vin crête à crête observé =

Fréquence (Hz)	100	500	1K	5K	10K	20K	50K	100K
vout (p - p)								
Gain en tension								

Tableau 2. 2

- Déconnectez C2 et réglez le générateur de signaux pour obtenir **en sortie** une sinusoïde 3 volts crête à crête, 1000 Hz.

b. Mesurez la tension crête à crête de la sortie et complétez le tableau suivant. L'amplitude de la tension d'entrée ne doit pas varier.

vin crête à crête observé =

Fréquence (Hz)	100	500	1K	5K	10K	20K	50K	100K
vout (p - p)								
Gain en tension								

Tableau 2. 3

c. Qu'observez-vous? Quel est le rôle de la capacité? Augmente-t-elle ou diminue-t-elle la bande passante de l'amplificateur?

Commentaires :

4.4 Résistance de sortie

a. Comment peut-on mesurer la résistance de sortie?

b. Calculez théoriquement la valeur de la résistance de sortie. Comparez avec la valeur réelle mesurée.

5 Le collecteur commun et le push -pull

5.1 Collecteur - commun

- Localisez le circuit qui contient Q2.

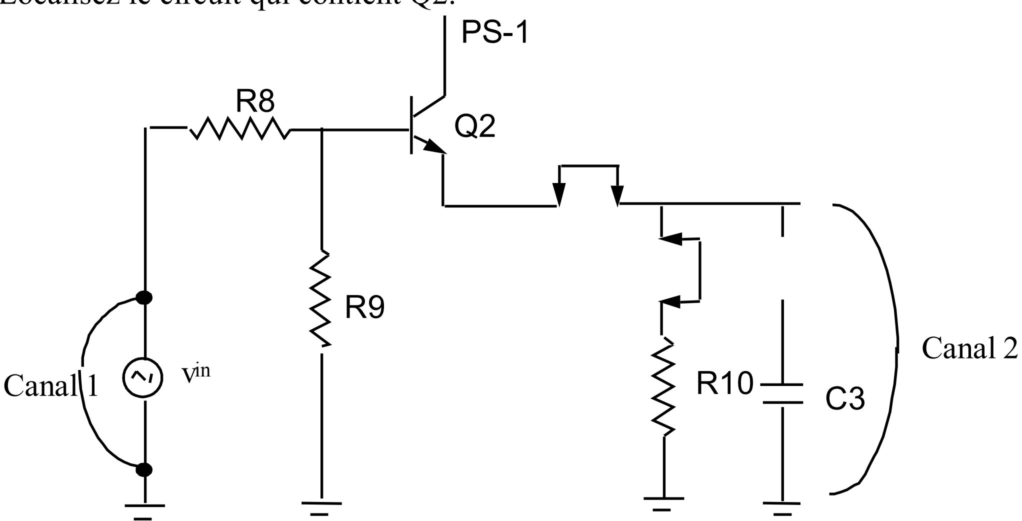


Figure 2. 7

- Ajustez PS-1 à 5 volts et générez une onde triangulaire 6 volts crête à crête, 2 kHz.

a. Observez le signal d'entrée et le signal de sortie à l'oscilloscope. Complétez la figure suivante. Comment peut-on expliquer l'allure de Vout?

Commentaires :

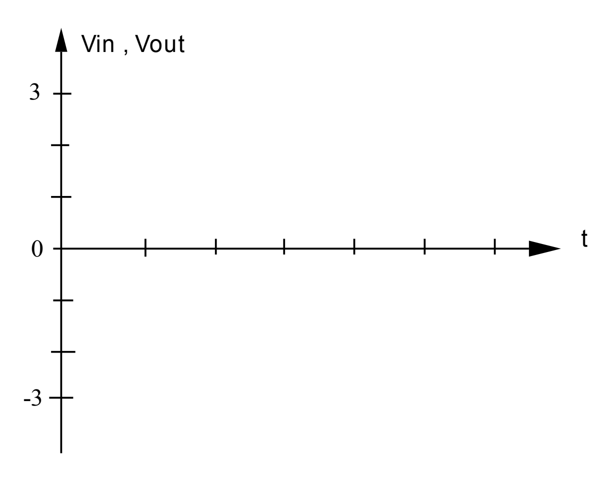


Figure 2. 8

b. Modifiez la résistance d'émetteur (utiliser R17 en parallèle avec R10) et complétez le graphique suivant. Expliquez l'allure de Vout, comparez au résultat précédent. Connectez ensuite C3 à la place de R17, dessiner le résultat et commentez.

Commentaires :

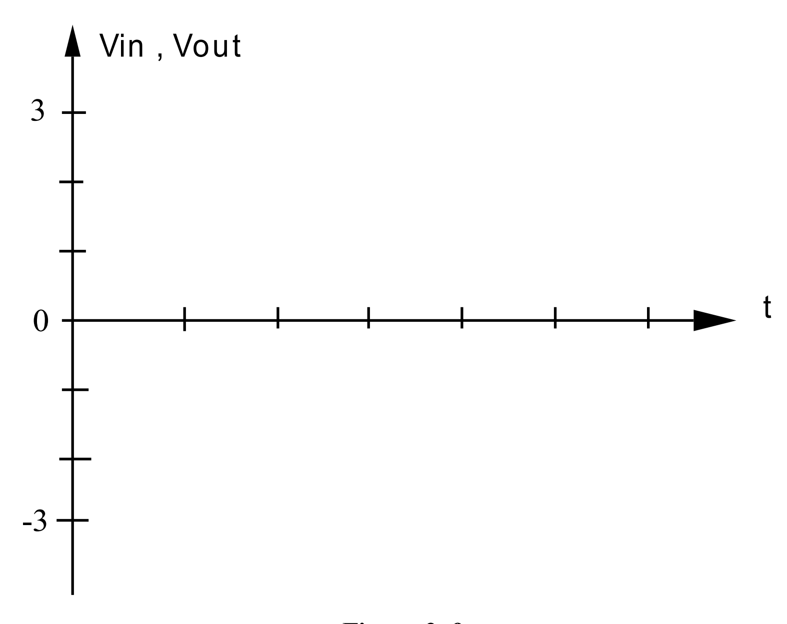


Figure 2. 9

5.2 Le push - pull

- Connectez Q2 et Q3 selon la figure 2.9.

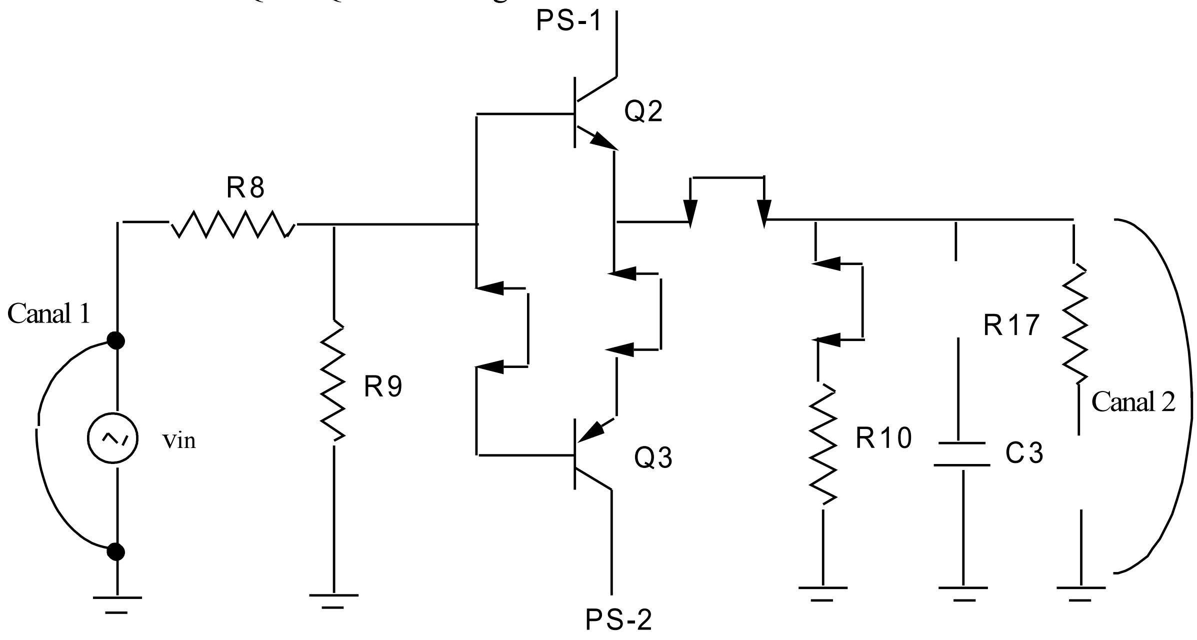


Figure 2. 10

- Ajustez PS-1 à 10 volts et PS-2 à -10 volts.
- Réglez le générateur pour qu'il délivre une onde triangulaire 6 volts crête à crête, 2kHz.

a. Observez Vin et Vout à l'oscilloscope. Complétez le graphique ci-dessous. Justifiez l'allure des résultats

Commentaires :

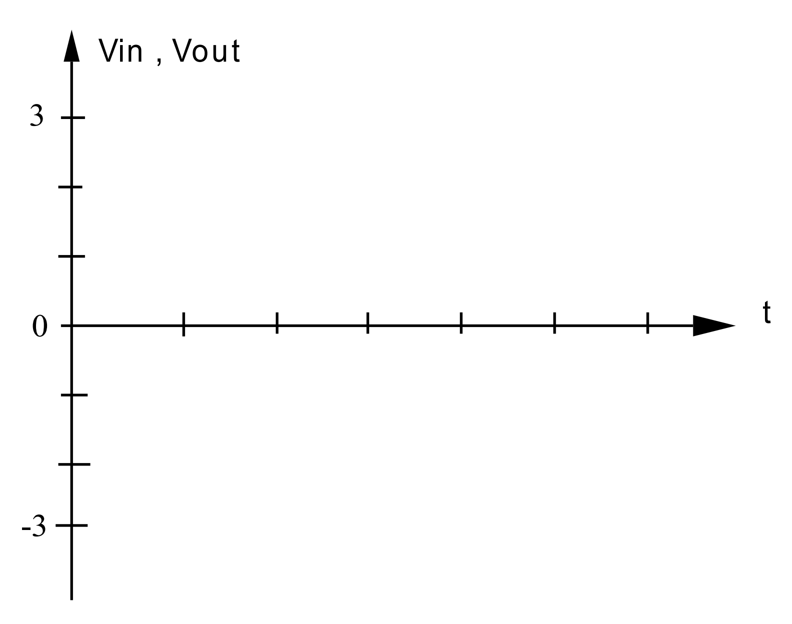


Figure 2. 11

b. Modifiez la résistance d'émetteur (utiliser R17) et complétez le graphique suivant. Expliquez l'allure de v_{out}, comparez au résultat précédent.

Commentaires :

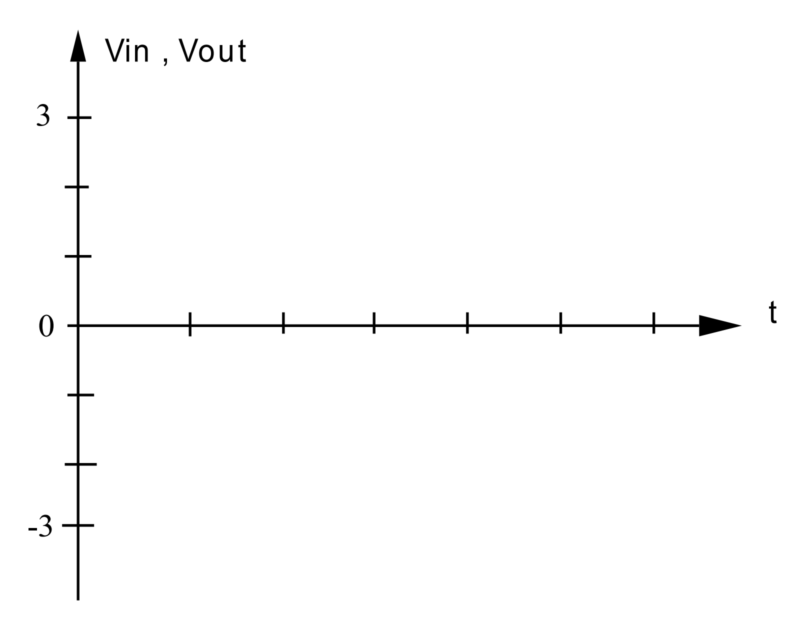


Figure 2. 12

LABORATOIRE III

1. Matière à revoir

- Diodes, polarisation, modèle petit signal. (Cours chaps 2,4 et 5, répétitions 1 à 6)
- Utilisation de LTSpice (ci-dessous). LTSpice est téléchargeable à l'adresse suivante : http://www.linear.com/designtools/software/ltspice.jsp et il est installé sur tous les ordinateurs du R100 et du S125.
- Il est **indispensable** de **LIRE** le guide introductif disponible sur la page du cours à l'adresse suivante :

  http://www.montefiore.ulg.ac.be/~vdh/supports-elen0075-1/presentation-LTspiveIV.pdf

2. Préparation du labo

- Il vous est demandé en **préparation** d'établir et de résoudre la polarisation et le modèle petit signal du deuxième circuit utilisé dans ce laboratoire (**Ex4 BJT**). On vous demande donc de déterminer les courants et tensions en tout point du circuit, ainsi que R_i, R_o et A_v. Les fréquences de coupure théoriques du premier système (BJT) vous seront données, toutefois, leur calcul sera un bon exercice de synthèse à réaliser en préparation à l'examen. **Laissez β et r_π sous forme littérale**, vous déterminerez ces valeurs durant le laboratoire. Vous devez donc obtenir lors de votre préparation des expressions et non des valeurs numériques. Notez aussi que le condensateur C_L est un condensateur qui apparaîtra comme un circuit ouvert dans la bande passante vu sa position dans le circuit.

3. Utilisation de LTspice IV

3.1 Dessiner le circuit :

- Pour démarrer un nouveau *Schematic*, cliquez sur l'icône
- Pour sélectionner les composants du circuit : *cliquez sur*
- Pour connecter les composants entre eux : *icône Wire*
- Pour mettre un composant dans la bonne orientation : *Edit ->Rotate/Mirror* (ou ctrl+R/+E)
- Pour changer les caractéristiques d'un composant : cliquer sur le composant. Attention aux unités : 1M sera compris comme un milli car LTspice ne tient pas compte de la casse. Utiliser 1 meg. Pour exprimer des micros, utiliser u.
- Pour indiquer les grandeurs que l'on veut visualiser dans probe : *Label Net* -> ...

3.2 Analyser le circuit :

Analyse de polarisation

Simulate -> Run -> DC op pnt

Il s'agit d'une analyse de l'état d'équilibre du circuit, donc, l'ensemble des tensions et courants à travers les composants du circuit **en régime continu**.

Analyse fréquentielle

Simulate -> Run -> AC Analysis

Avec cette analyse, LTSpice calcule automatiquement le ***point de polarisation*** du circuit pour ensuite établir le ***schéma équivalent petit-signal*** de tous les éléments non-linéaires du circuit (diodes, transistors bipolaires,etc...) . Elle permet alors de visualiser l'amplitude et la phase des différentes grandeurs du circuit en fonction de la fréquence lorsqu'un signal d'amplitude infinitésimale est appliqué au circuit. Choisir le type de variation de la fréquence (linéaire, ...), l'intervalle sur lequel va se faire l'analyse et le nombre de points sur le tracé.
OK, Close

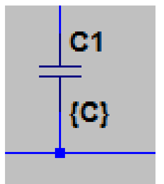
Analyse temporelle

Simulate -> Run -> Transient

Elle calcule l'ensemble des variables du circuit en fonction du temps.
Choisir la précision du tracé et la durée de l'analyse.
OK, Close

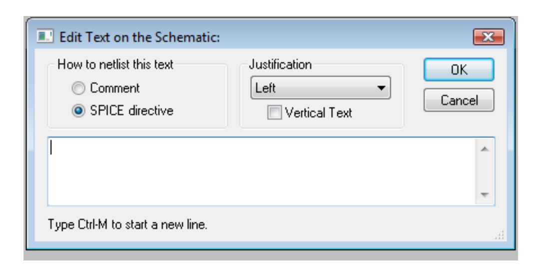
Analyse du circuit en fonction d'un paramètre.

Cette analyse permet de visualiser *l'influence d'une variable DC (V,I,..) ou d'éléments passifs (R,L,C)* sur les paramètres du circuit (courants, tensions,...). Pour cela, cliquez d'abord sur la valeur du composant dont vous souhaitez faire varier et mettez des {} autour de son nom. Par exemple :



On aperçoit les {} autour de capacité C du condensateur **C1.**

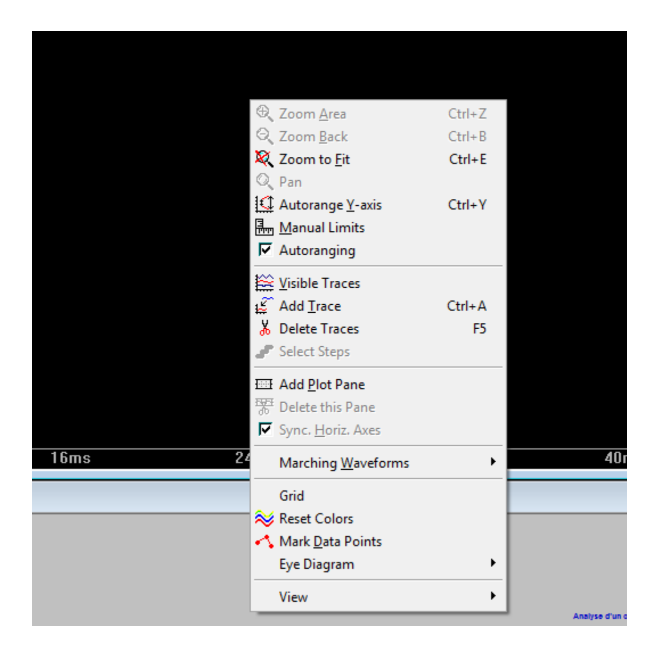
Pour configurer le balayage du paramètre C, il faut *Cliquer sur l'icône* .op située en haut à droite de la barre des tâches. Cette fenêtre permet de rentrer les commandes d'analyse du circuit de manière manuelle. Une fenêtre apparaît :



Il faut ensuite entrer la commande : ***.step param C 0.05u 2.5u 0.5u***. Cela signifie que l'on va faire varier le paramètre C de la valeur de 50nF jusque 2.5uF par pas de 0.5uF. Il faut ensuite définir ce que l'on veut afficher. On peut par exemple visualiser l'influence des différentes valeurs de C sur une variable du circuit dans le temps en utilisant la commande ***.trans 0 30ms 0 0.01ms.***

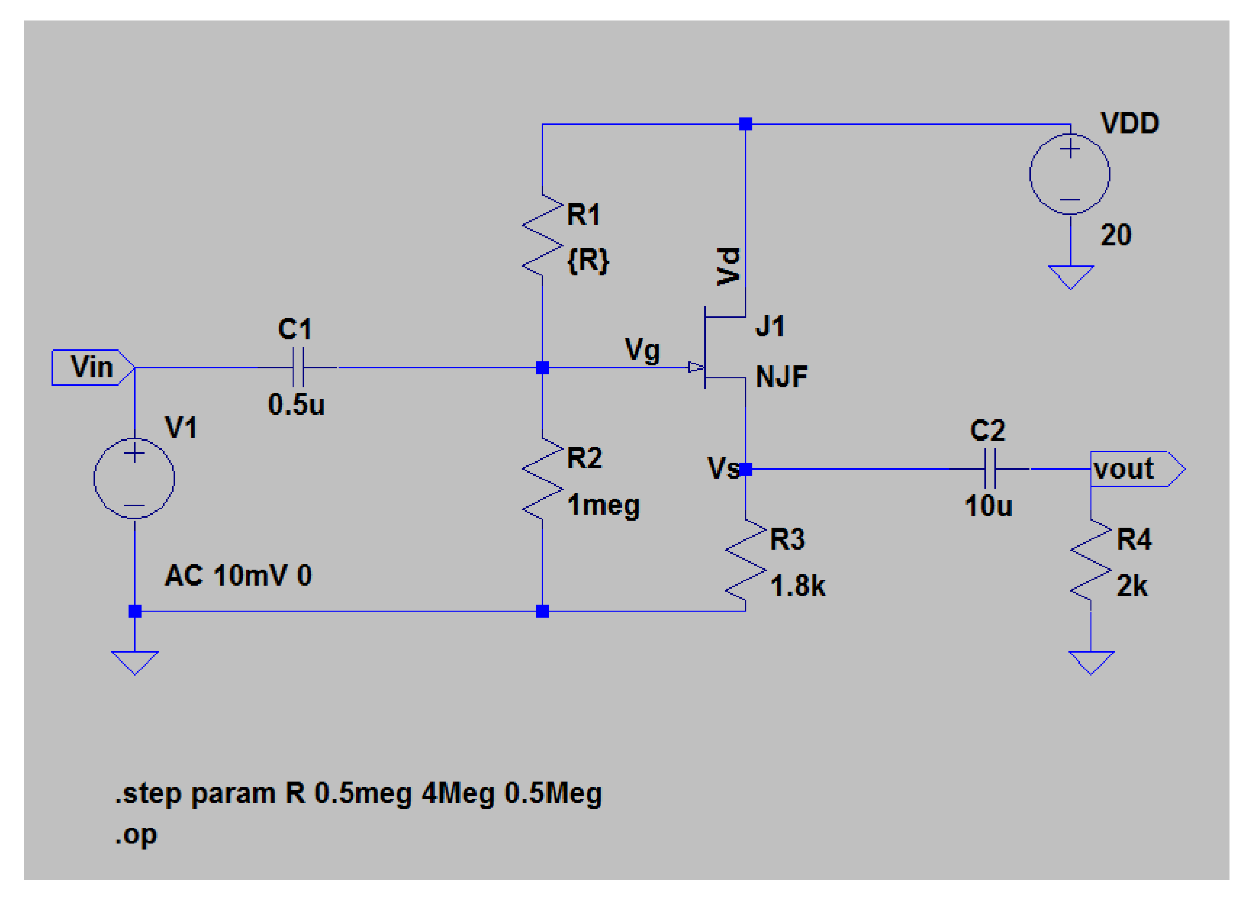
3.3 Simuler le circuit et visualiser les résultats:

- Pour calculer et visualiser les résultats, cliquez sur *l'icône* .
- Pour afficher les traces, clique droit sur la fenêtre puis *Add Trace*



3.4 Exercice:

a. Réalisez le circuit ci-dessous en conservant les mêmes notations de nœuds en utilisant les *Label Net*.



b. Visualisez l'influence de la résistance R1 sur la tension de polarisation de grille (Vg) en faisant varier la résistance R1 de 0.5 Meg **jusque** 4 Meg **par** pas de 0.5 Meg**.**

Commentaires :

c. Réalisez une analyse paramétrique de l'influence de C1 sur la fréquence inférieure de coupure. Pour cela, faites varier C1 de 100nF à 3uF par pas de 0.5uF (*.step param C 100n 3u 0.5u***) On réalisera une étude fréquentielle, avec 100 points par décade de 0.1hz à 1MHz (***.ac dec 100 0.1 1Meg***). Prenez R1=2Meg.**

Commentaires :

4. Application avec un BJT

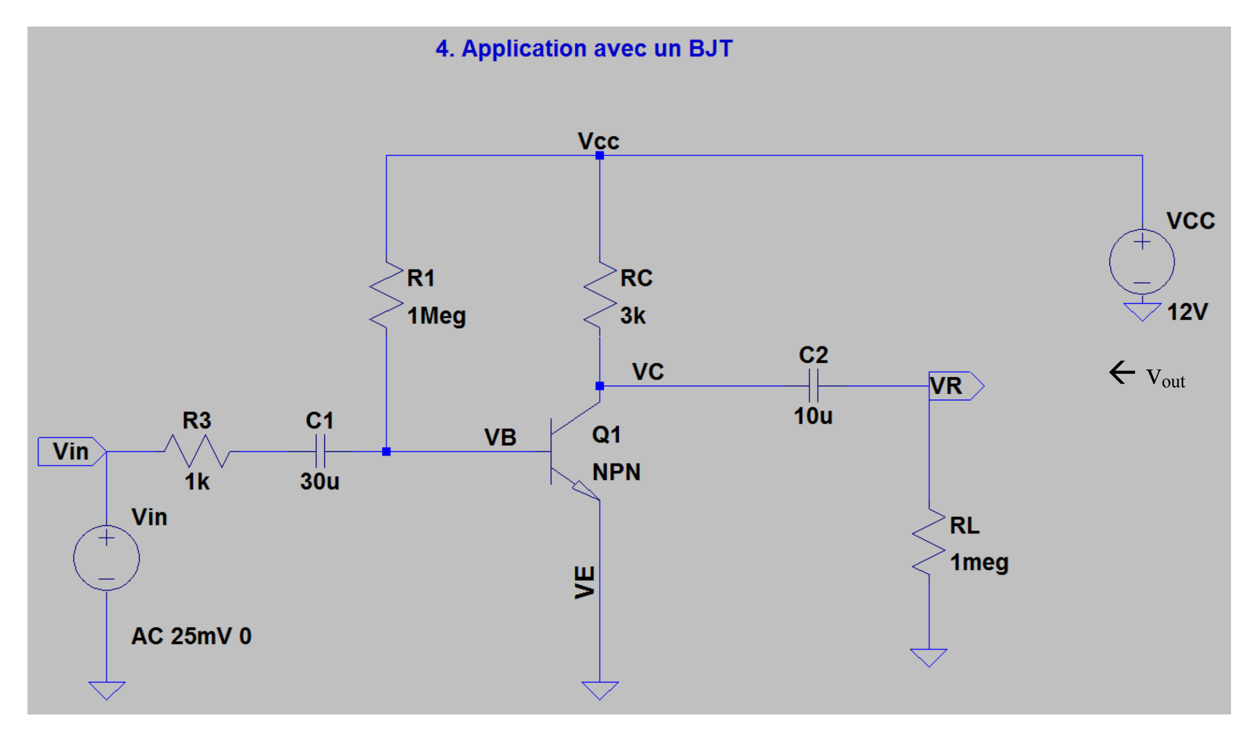


Figure 4. 1

a. Déterminez à l'aide LTspice les caractéristiques continues (I_C, I_B, V_{CE}). Comparez aux valeurs obtenues par calcul. Utilisez la simulation de type "bias point detail" (point de polarisation). Aucune courbe ne sera affichée, mais vous aurez accès à un fichier *.log* dans le répertoire source contenant le détail de la polarisation.

Commentaires :

IB =	VBC =	RPI =	CBC =
IC =	VCE =	RX =	BETAAC =
VBE =	BETADC =	CBE =	

b. Déterminez R_i, R_o et A_v. Comparez aux valeurs obtenues par calcul (Remettre la préparation). Utilisez une simulation de type "AC analysis". Tracez des courbes montrant les rapports v_{out}/v_{in}, v_{in}/i_{in} pour connaître A_v et R_{in}. Décrivez une méthode à employer pour trouvez R_{out} et donnez la valeur de R_{out} obtenue par simulation.

Commentaires :

c. A l'aide de la courbe A_v, déterminez la bande passante (-3 dB) du circuit. Vérifiez par calcul la fréquence inférieure et supérieure de coupure.

Commentaires :

d. Déterminez l'excursion maximale de la tension de sortie (amplitude maximale du signal de sortie telle que le transistor reste en MAN). Utilisez le mode "transient" permettant une analyse temporelle du circuit. Vérifiez cette valeur par calcul en dessinant l'intersection de la droite de charge avec la caractéristique *Ic-Vce* du transistor.

Commentaires :

5. Redresseur double alternance en pont

Le redresseur double alternance en pont du circuit suivant est suivi d'un filtre de régulation à condensateur et d'une diode Zener servant à réduire la tension d'ondulation et à réguler la tension de sortie à 10V.

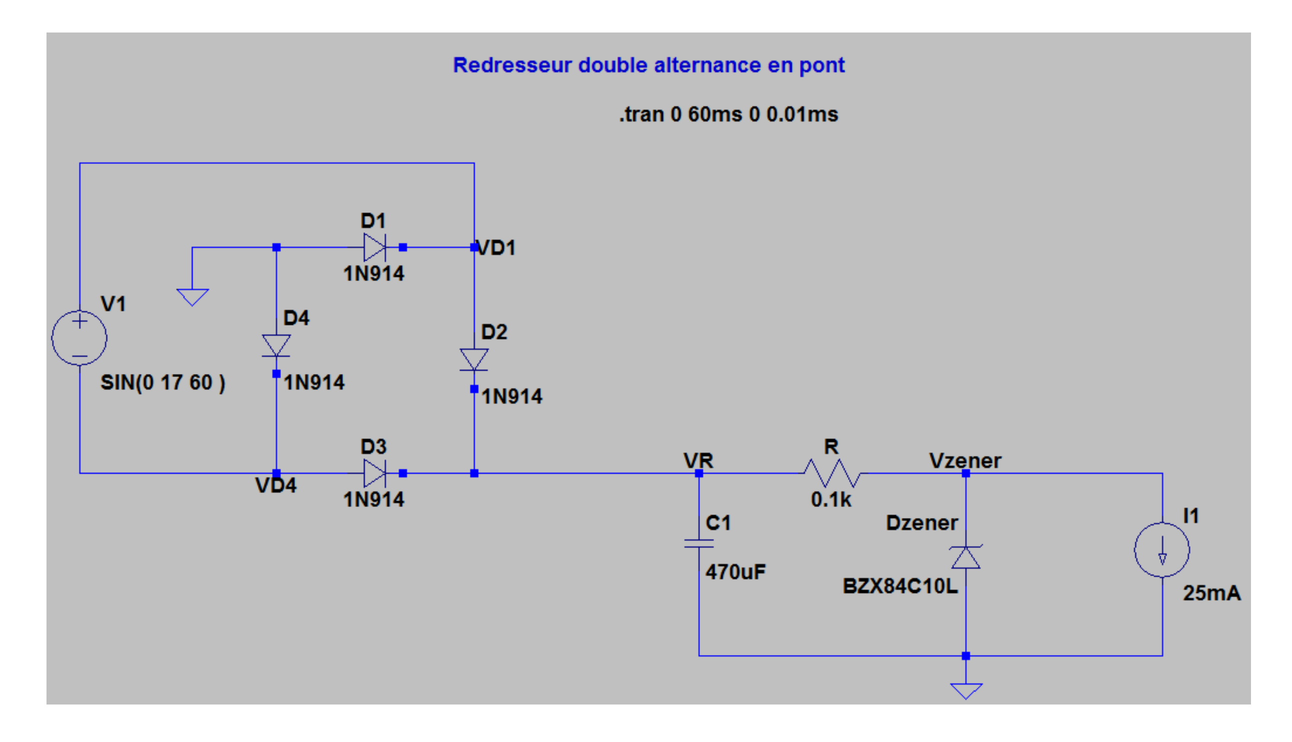
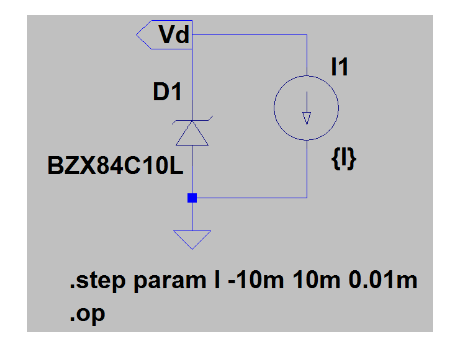


Figure 3. 2

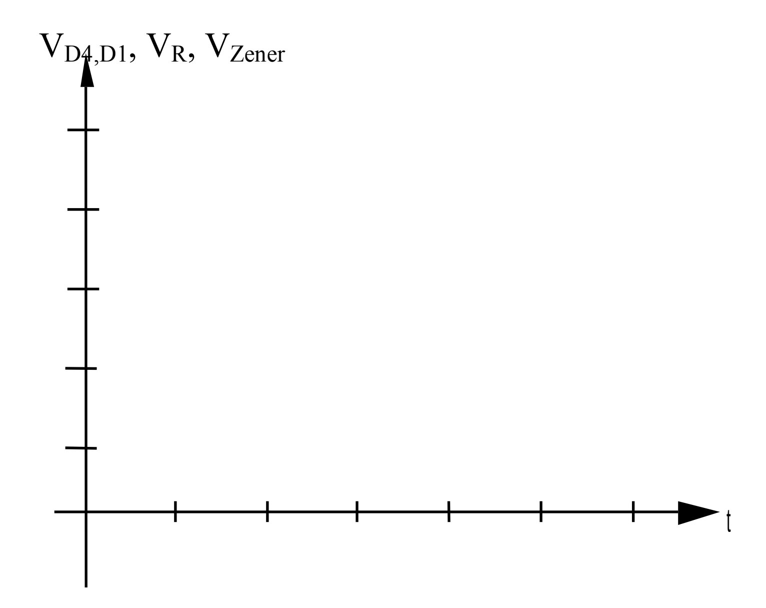
Vous utiliserez LTspice pour déterminer l'amplitude de la tension d'ondulation à la charge représentée ici par un courant de charge de 25 mA. Pour cette simulation, le modèle de la diode Zener utilisé devra être la diode **BZX84C10L** afin d'utiliser les paramètres par défaut de ce modèle qui sont*: reverse bias breakdown voltage (bv)*, fixé dans ce modèle à 10 V et Ibv (reverse bias breakdown current), fixé dans ce modèle à 1mA.

a. Dessinez le circuit de la figure 3.2. Après avoir dessiné le circuit, *clique droit* **sur la (les) diode(s) et choisir l'option** *Pick New diode***. Choisissez les diodes <u>1N914</u> pour le circuit redresseur de gauche et la diode <u>BZX84C10L</u> pour le circuit limiteur de droite.**

Remarque : à l'aide du circuit suivant et d'une simulation paramétrique, il est possible d'obtenir la courbe caractéristique pour la diode Zener. *Cette courbe ne doit pas être obtenue au laboratoire*, *mais constitue un bon exercice supplémentaire.*



b. Dans le mode "transient", affichez les tensions d'entrée (V_{in} =VD1 et VD4) et la sortie (V_R) du redresseur, ainsi que la tension régulée aux bornes de la diode Zener (V_{zener}) pour l'intervalle allant de 20ms (Time to Start Saving Data) à 80ms (Stop Time) avec un Maximum Timestep fixé à 0.01 ms. Dessinez les courbes ci-dessous.



c. Déterminez, à l'aide du zoom sur cette figure, la tension d'ondulation aux bornes de la capacité et aux bornes de la diode Zener

<u>Commentaires :</u>

d. Déterminez l'expression algébrique, à l'aide d'une étude du circuit, du facteur d'atténuation liant la tension d'ondulation aux bornes de la capacité ΔV_C à la tension d'ondulation aux bornes de la charge ΔV_L . Ce résultat est-il cohérent avec les simulations, sachant que r_z=1 Ω ?

$$\text{Facteur d'atténuation} = \frac{\Delta V_C}{\Delta V_L}$$

<u>Commentaires :</u>

6. Circuit démodulateur AM

Soit le signal $v_{in}(t)=v_m(t)\ sin(2\ \pi f_c\ t)$

avec $f_c = 1/T_c$ =1 kHz et $v_m(t)$ une onde triangulaire qui varie lentement ($1/T_m$ = 100 Hz). Ce signal est représentatif d'une onde modulée en amplitude (modulation AM). L'onde porteuse est $sin(2\ \pi f_c\ t)$, le signal utile est contenu dans $v_m(t)$ (de la musique par exemple).

Montrez que le circuit ci-dessous, appelé « démodulateur AM », extrait la tension $\boldsymbol{v_m(t)}$ si la constante **RC** est choisie de façon adéquate. Précisez comment choisir RC.

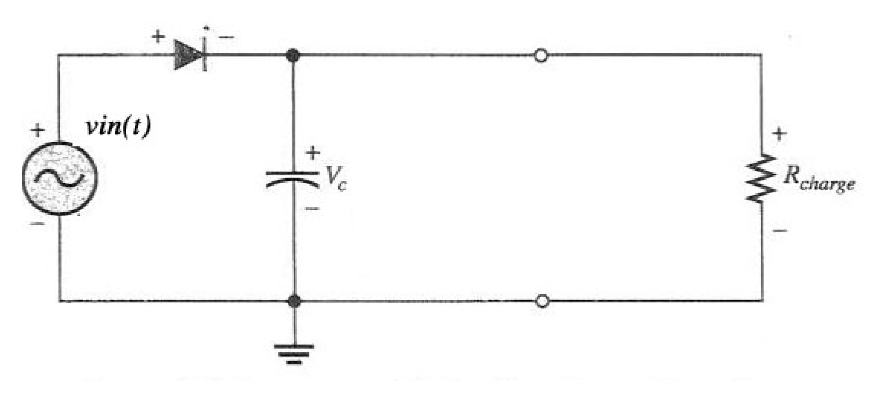


Figure 3. 3

Pour simuler le signal modulé, nous allons utiliser le composant **bv** (***Arbitrary behavioral voltage source***) permettant d'obtenir une tension de sortie (VOUT, Fig. 3.6) correspondant au produit de deux tensions d'entrée de référence tel que **Vout=V(Vsin)*V(Vm).**

Ce composant nous permet donc de construire le signal modulé $v_{in}(t)$. L'onde porteuse sera simulée par une source Vsin et l'onde triangulaire par une source Vpwl (Fig. 3.5). Les paramètres des deux sources sont repris sur le schéma.

Il est possible de montrer qu'il faut vérifier $T_c <<$ RC $<< T_m$ pour obtenir une bonne démodulation. RC = 5 ms est une valeur centrale de cet intervalle.

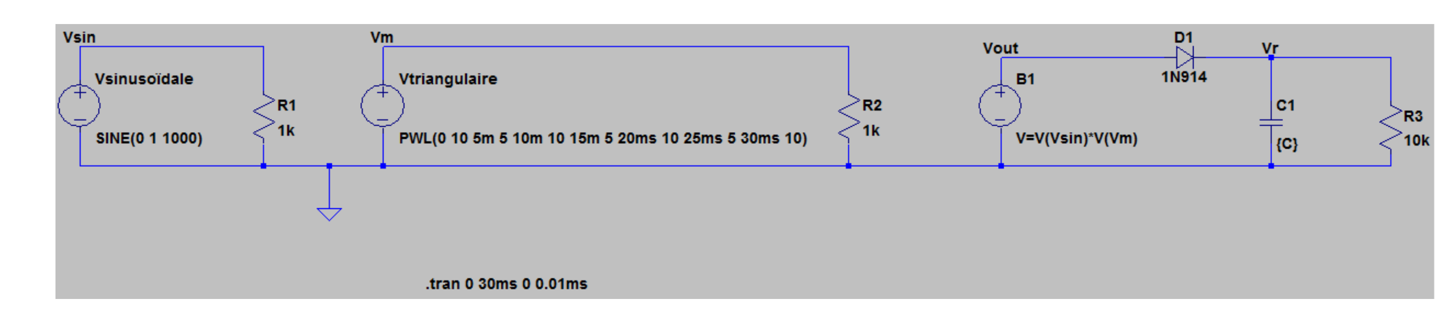


Figure 3. 4

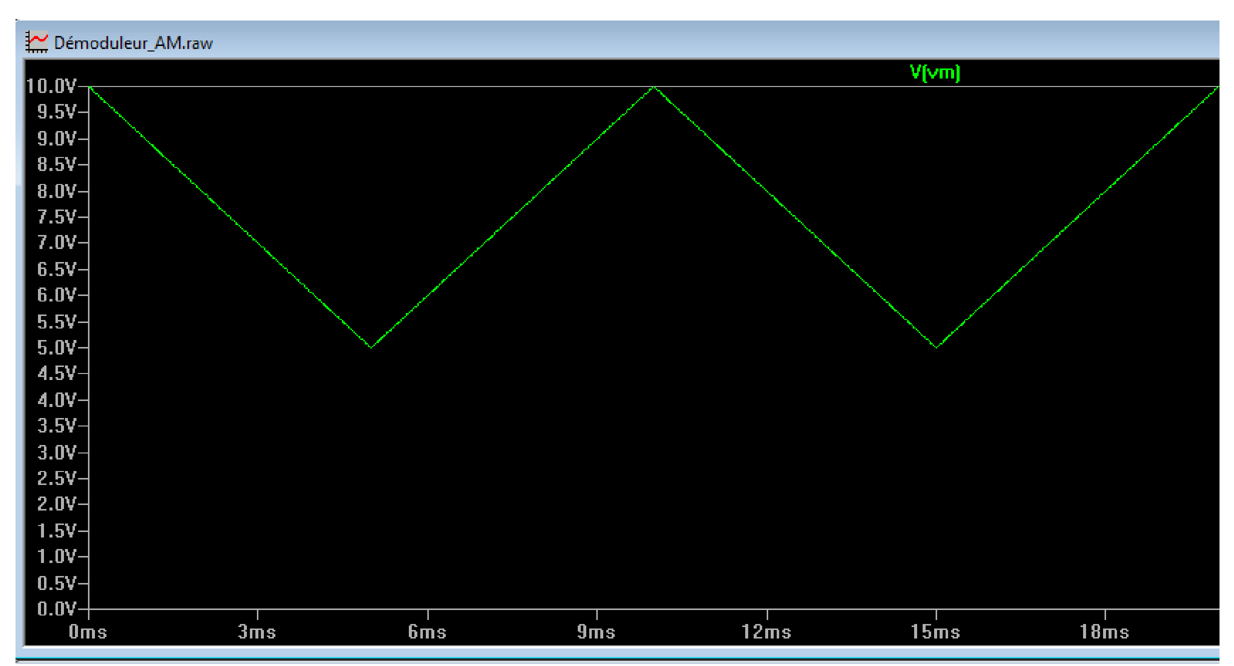


Figure 3. 5 : Vm=Vpwl

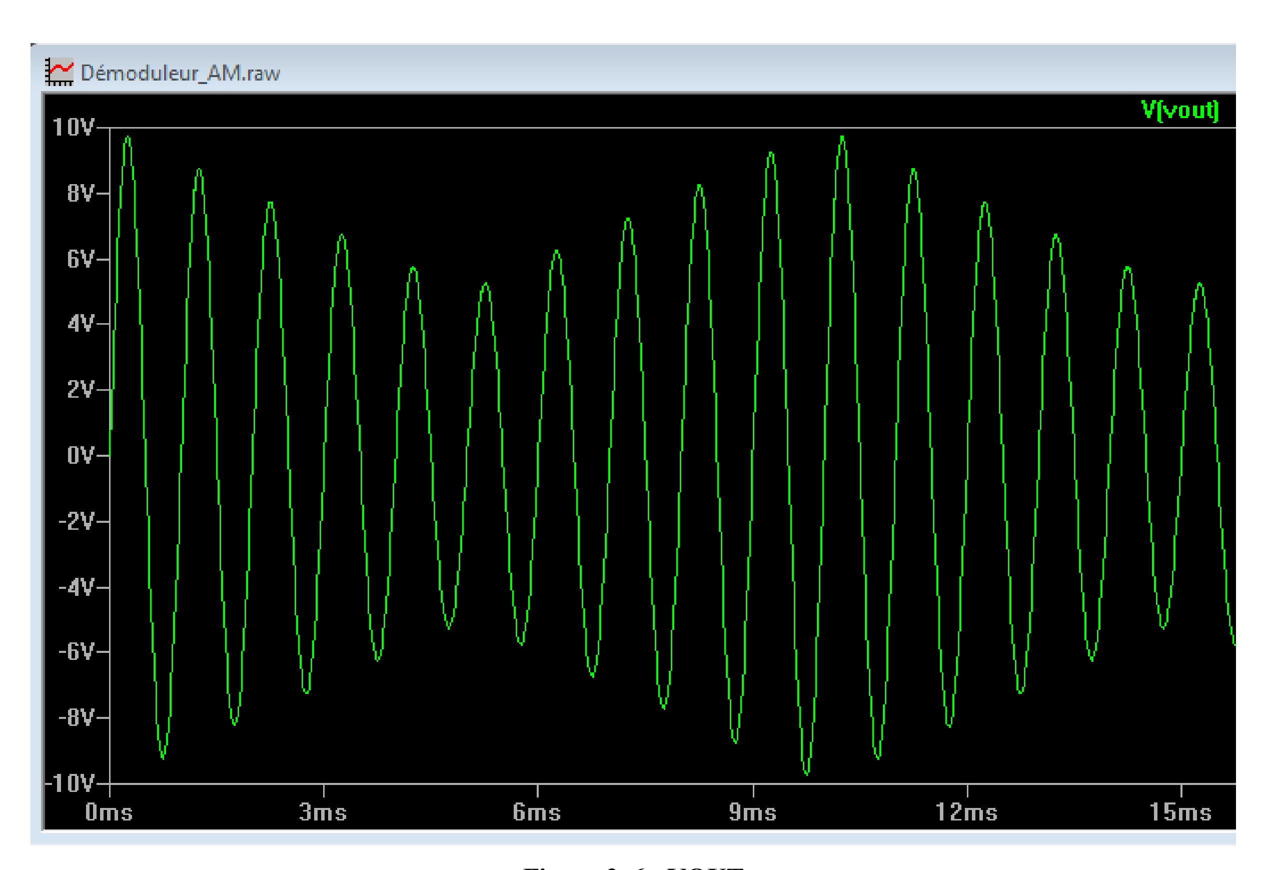
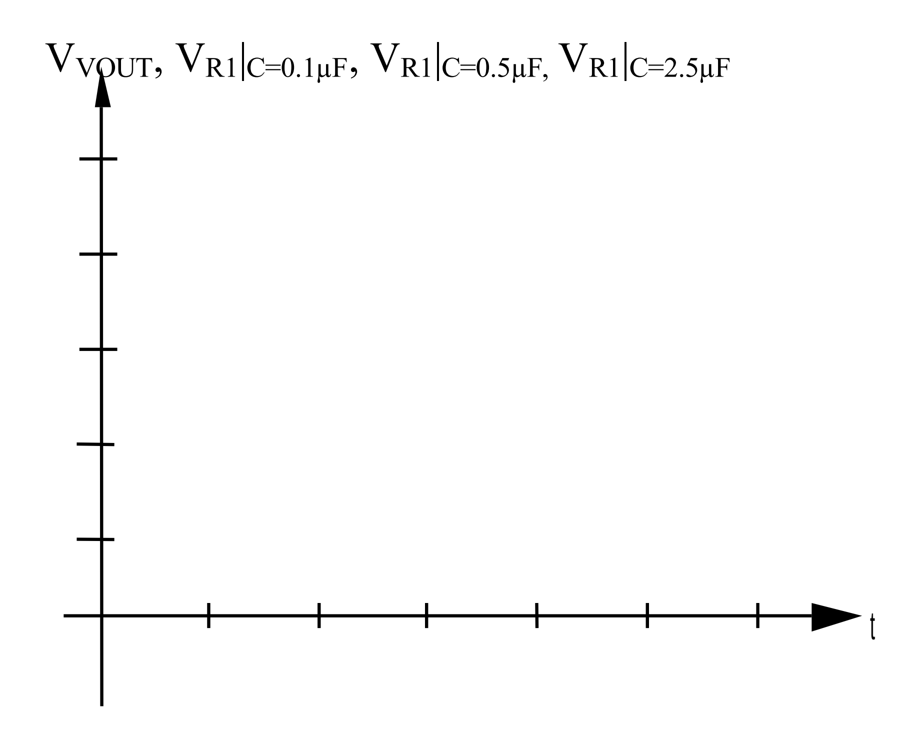


Figure 3. 6 : VOUT

a. Dessiner dans Schematic la figure 3.4 en respectant les mêmes annotations. Dans le mode "transient", affichez la tension VOUT et la tension démodulée aux bornes de la R=10 kΩ pour un intervalle de temps allant de 10ms à 30ms calculé tous les 0.01ms avec C=0.5uF

Commentaires :

b. Dessinez les courbes ci-dessous pour RC = 1ms (C = 0.1µF), RC = 5ms (C = 0.5µF) et RC = 25ms (C = 2.5µF). Pour afficher simultanément toutes les courbes, utilisez le mode "parametric" *(.step param C 0.1u 2.5u 0.5u)* **avec** *{C}* **pour la valeur de la capacité combiné à une analyse temporelle (***.trans***).**



Commentaires :

c. Comparez, toujours en mode "transient", le signal d'information $v_m(t)$ **au signal démodulé aux bornes de la charge. Quelles sont les différences entre les deux signaux ?**

Commentaires :

Annexe 1 :Manuel d'utilisation des stations EB-2000

Remarque : le présent texte traitant des stations EB-2000 a été tiré des notes de labos du cours d'« Électronique générale ».

6.1. Description générale

Les laboratoires sur l'EB-2000 sont structurés autour de :

- Une station appelée Master Board
- Une série de cartes appelées PCB (Printed Circuits Board)

Chaque carte permet de réaliser un certain nombre d'expériences prédéfinies, relatives à un domaine spécifique de l'électronique (microprocesseurs, électronique digitale, électronique analogique, électronique de puissance,…)

6.2. Initialisation de la station

Vous trouverez sur chaque carte le domaine d'application ainsi qu'un numéro EB-***. Dans le coin supérieur droit de la carte se trouve un code de 6 chiffres qu'il faut fournir à la station pour qu'elle reconnaisse la carte. Ceci se fait à l'initialisation, la reconnaissance étant confirmée par l'affichage du numéro de la carte (EB-***).

6.3. Les modes de fonctionnement

Le système propose 4 modes de fonctionnement.

- Mode 1 ou mode **Expérimentation.**
  Toutes les expériences ou mesures sont effectuées dans ce mode.
- Mode 2 ou mode **Practice**.
  Dans ce mode, la station, gérée par un microprocesseur, modifie la topologie du circuit que vous analysez. Moyennant une connaissance préalable du circuit, vous devez déterminer la *faute* introduite par le microprocesseur. Ce mode est activé par l'utilisateur.
- Mode 3 et 4.
  Ces deux derniers modes se basent sur le mode 2. La station génère des fautes dans tous les circuits de la plaque. Le mode 4 se différencie du mode 3 par l'introduction d'un chronomètre.

La figure suivante décrit la routine d'initialisation.

OPERATION	AFFICHAGE	REMARQUES
	"pcb" pendant 2 sec puis "pcl"	
Introduire les 3 premiers chiffres du code de PCB	3 chiffres	Vérifier et corriger si nécessaire
*	"pcb" pendant 2 sec puis "pc2"	* = ENTER
Introduire les 3 derniers chiffres du code de PCB	3 chiffres	Vérifier et corriger si nécessaire
*	EB-***	*** = numéro du cours. Vérifiez que EB-*** est correcte (coin gauche)
*	id1	Numéro d'étudiant Entrer 0
*	id2	Entrer 0
*	id3	Entrer 0
*	FM	Mode de fonctionnement
Vous devez à ce stade choisir le mode de fonctionnement désiré. Taper : "1" pour Experiments mode "2" pour Practice mode "3" pour Test mode "4" pour Troubleshooting Mode. FM1, FM2, FM3 ou FM4 s'affiche, valider par "*".		

Annexe 2 : Règlement d'ordre intérieur des laboratoires R100 et S125

Dans ce qui suit, il est convenu que :

Laboratoire signifie les laboratoires R100 et S125.

Petit matériel signifie le matériel nécessaire aux manipulations de laboratoire qui n'est pas présent à demeure sur les bancs de laboratoire.

Article 1 : **Accessibilité**
Le laboratoire est **accessible aux étudiants uniquement pour des activités liées aux enseignements précités**, prioritairement dans le cadre d'un horaire pré-établi et **secondairement en accès libre**.
Dans la mesure des disponibilités des personnes responsables, **le laboratoire est ouvert en semaine de 8H30 à 17H00**.

Article 2 : **Matériel**
La fourniture du petit matériel se fait de **8h30 à 8h45** et de **14h à 14h15**. En cas d'absence de la personne responsable ou en dehors de ces périodes, le petit matériel n'est pas accessible.
La restitution du petit matériel doit se faire dans la journée de l'emprunt auprès de la personne responsable.
En cas de non-retour du matériel ou en cas de perte, la valeur de remplacement du matériel non rendu sera réclamée à l'emprunteur.
Il est recommandé de ne pas laisser le petit matériel sans surveillance.

Article 3 : **Il est interdit de fumer, manger ou boire** dans le laboratoire.

Article 4 : Le matériel du laboratoire doit être traité avec soin. Toute détérioration ou défaut doit être immédiatement signalé à votre responsable. Aucun matériel ne peut être déplacé.

Article 5 : Vos seuls interlocuteurs sont vos assistants et professeurs **du cours concerné**.
L'accès au couloir prolongeant le local est interdit.

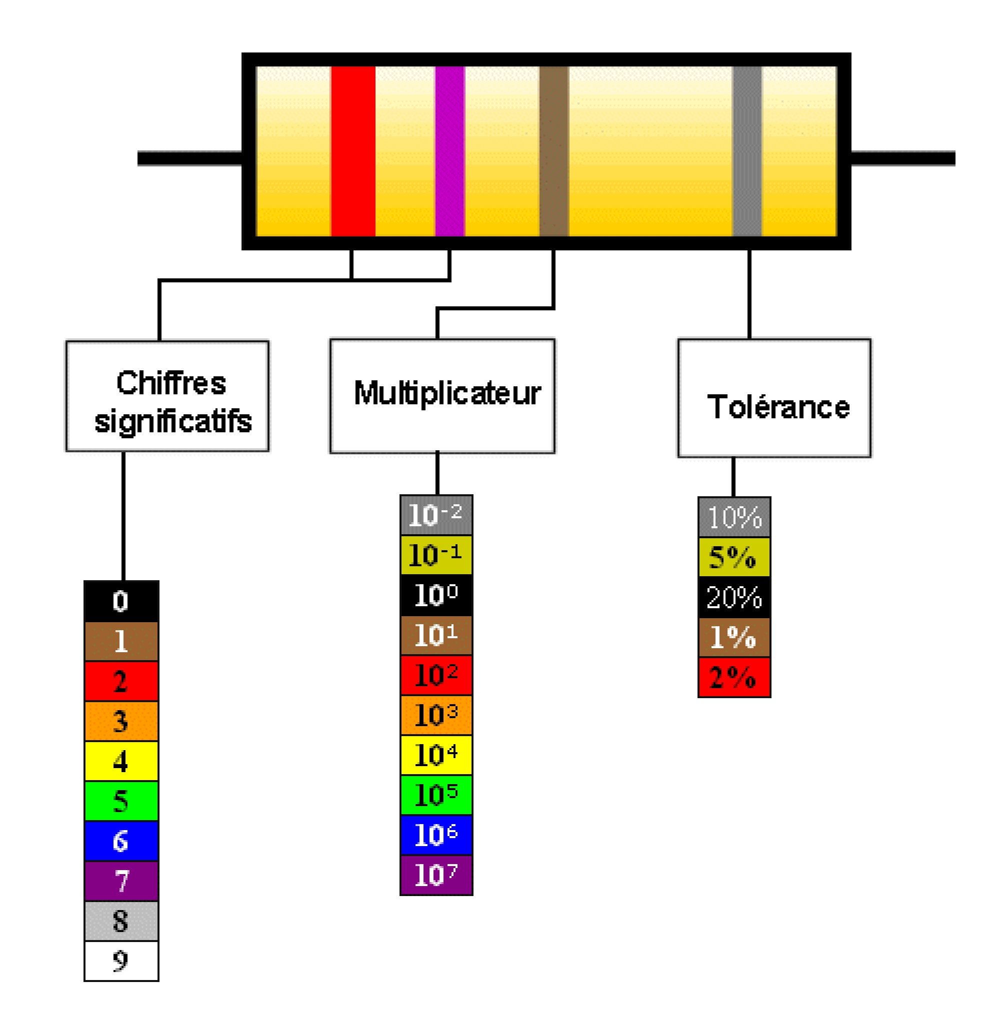
Article 6 : **Aucun logiciel ne peut être installé, personnalisé ou reconfiguré sur les machines présentes dans le local. Aucun branchement ne peut être modifié**.
L'accès à internet ne peut se faire qu'en utilisant les machines disponibles à cet effet.

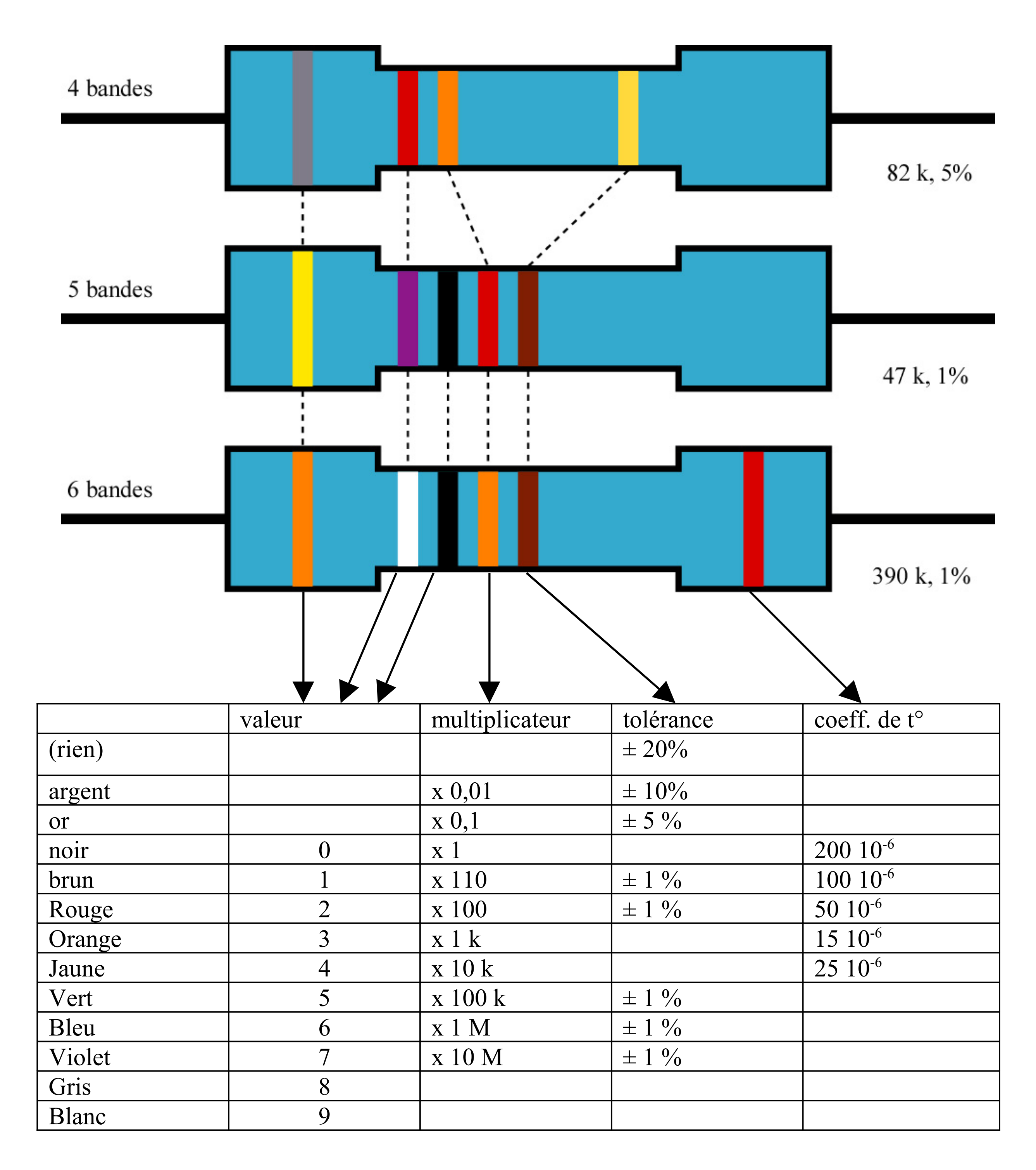
Article 7 : **Avant de quitter le local, ranger le matériel utilisé, nettoyer les tables et éteindre tous les équipements utilisés.** En particulier, veuillez éteindre l'alimentation principale de la table de laboratoire et les ordinateurs.

Bon et fructueux travail !

Annexe 3 : Les résistances

Les valeurs des résistances sont représentées à l'aide d'un code de couleur, composé de plusieurs bandes.On distingue des résistances avec 4, 5 ou 6 bandes de couleurs.
Pour lire le code de couleur d'une résistance à 4 ou 5 bandes, on commence par tenir la résistance horizontalement devant soi en mettant le plus grand espace non marqué sur sa droite.
Pour lire le code de couleur d'une résistance à 6 bandes, il faut la tenir comme représenté à la page suivante.
La lecture du code couleur se fait comme représenté sur les figures suivantes :





	valeur	multiplicateur	tolérance	coeff. de t°
(rien)			± 20%	
argent		x 0,01	± 10%	
or		x 0,1	± 5 %	
noir	0	x 1		$200\ 10^{-6}$
brun	1	x 110	± 1 %	$100\ 10^{-6}$
Rouge	2	x 100	± 1 %	$50\ 10^{-6}$
Orange	3	x 1 k		$15\ 10^{-6}$
Jaune	4	x 10 k		$25\ 10^{-6}$
Vert	5	x 100 k	± 1 %	
Bleu	6	x 1 M	± 1 %	
Violet	7	x 10 M	± 1 %	
Gris	8			
Blanc	9			

Astuce mnémotechnique pour retenir le code couleur :

Ne	**M**angez	**R**ien	**O**u	**J**e	**V**ous	**B**attrai	**V**iolemment	**G**ros	**B**éta
Ne	**M**angez	**R**ien	**O**u	**J**e	**V**ous	**B**rûle	**V**otre	**G**rosse	**B**arbe
Ne	**M**angez	**R**ien	**O**u	**J**eûnez	**V**oilà	**B**ien	**V**otre	**G**rande	**B**êtise
Noir	**M**arron	**R**ouge	**O**range	**J**aune	**V**ert	**B**leu	**V**iolet	**G**ris	**B**lanc
0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**

Annexe 4 : Agir en cas d'urgence

